

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-145145

(P2010-145145A)

(43) 公開日 平成22年7月1日(2010.7.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 Z	2 F 0 6 5
GO 1 B 11/24 (2006.01)	GO 1 B 11/24 F	2 G 0 5 1
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 J	4 M 1 0 6
GO 6 T 1/00 (2006.01)	GO 6 T 1/00 3 0 5 A	5 B 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2008-320471 (P2008-320471)	(71) 出願人	000003159
(22) 出願日	平成20年12月17日 (2008.12.17)		東レ株式会社
			東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
		(74) 代理人	100118924
			弁理士 廣幸 正樹
		(74) 代理人	100080827
			弁理士 石原 勝
		(72) 発明者	杉原 洋樹
			滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株
			式会社滋賀事業場内
		(72) 発明者	佐々本 裕方
			滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株
			式会社滋賀事業場内

最終頁に続く

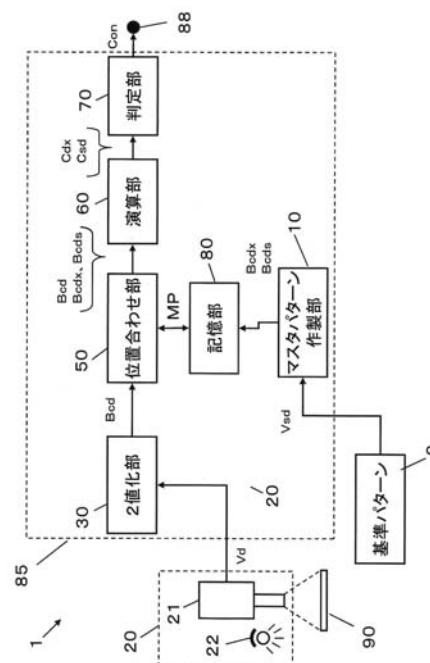
(54) 【発明の名称】 回路パターン検査装置および検査方法およびテストパターン

(57) 【要約】

【課題】回路パターンの欠陥検査方法では、基準となるパターンの画像データを膨張・収縮といった操作を行い、許容できる最大の寸法と最小の寸法を有するマスタパターンを作製し、被検査物から得た画像データをこのマスタパターンと比較することで欠陥を発見する。このマスタパターンを作製する膨張・収縮という画像処理においては、画素毎にその周囲の画素を加減する処理が行われるが、様々な線幅が含まれる基準パターンの場合には線幅の比率によって一定の割合で膨張・収縮することが困難であった。

【解決手段】基準パターンに属する画素に背景からの距離データを付与し、周辺の画素に自分より大きな距離データがなくなるまで画素を削除し、基準パターンの骨格を代表する骨格パターンを作製する。この骨格パターンに属する画素が有する距離データに所定倍率をかけた範囲にある画素をマスタパターンとする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マスタパターンと検査対象物の画像データを比較し欠陥を検出するパターン検査方法であって、

背景パターンと製品パターンを有する基準パターンを距離変換処理し基準距離パターンを得る第1の工程と、

前記基準距離パターンを骨格化処理し基準骨格パターンを得る第2の工程と、

前記基準骨格パターンを所定係数倍する距離で逆距離変換処理しマスタパターンを得る第3の工程と、

前記マスタパターンと検査対象パターンを比較して差異を検出する第4の工程を有するパターン検査方法。 10

【請求項 2】

前記第1の工程は、

前記基準パターンに属する製品パターンに属する画素に、前記背景パターンと前記製品パターンの境界からの距離データを割り当てる処理である請求項1に記載されたパターン検査方法。

【請求項 3】

前記第2の工程は、

前記画素に対して前記画素の周囲の画素の距離データが前記画素の距離データより大きな前記周囲の画素がなくなるまで前記画素を順次削除し画素削除処理画像を得る画素削除処理と、前記基準距離パターンを線幅が最小となるまで前記画素を削除し細線化処理画像を得る細線化処理と、前記画素削除処理画像と前記細線化処理画像とを合成する合成処理と、前記製品パターンに属する画素の中で前記合成処理の結果残留した画素から枝部を削除する剪定処理を有する請求項1または2の何れかの請求項に記載されたパターン検査方法。 20

【請求項 4】

前記第3の工程は、少なくとも前記所定係数が1.0未満の場合と、1.0より大きい場合の両方について前記マスタパターンを得る工程である請求項1乃至3の何れか1の請求項に記載されたパターン検査方法。

【請求項 5】

前記第3の工程は、前記基準骨格パターンに属する骨格画素の距離データに前記所定係数を乗じた距離によって決まる領域内の画素を全て前記マスタパターンに属するマスタパターン画素とする請求項1乃至4の何れか1の請求項に記載されたパターン検査方法。 30

【請求項 6】

前記第3の工程は、前記所定係数に応じた画素値を前記所定係数によって作製される前記マスタパターンに属するマスタパターン画素の画素値に与える請求項1乃至5の何れか1の請求項に記載されたパターン検査方法。

【請求項 7】

前記第3の工程は、さらに、前記係数に応じた画素値を付与されたマスタパターン画素同士を上書きしマルチマスタパターンを得る処理を含む請求項6に記載されたパターン検査方法。 40

【請求項 8】

前記第4の工程で検出した前記差異と前記マルチマスタパターンをさらに比較する第5の工程を有する請求項7に記載されたパターン検査方法。

【請求項 9】

背景パターンと製品パターンを有する基準パターンが入力されマスタパターンを出力するマスタパターン作製部と、

前記マスタパターンを記録する記憶部と、

被検査物を撮影し画像データを得る撮影部と、

前記画像データを2値化処理する2値化部と、 50

前記マスタパターンと前記２値化処理された画像データを比較し差異を出力する演算部と、
前記演算部の出力に基づいて判定結果を出力する判定部を有するパターン検査装置。

【請求項１０】

前記マスタパターン作製部は、
前記製品パターンに属する画素に前記背景パターンと前記製品パターンの境界からの距離データを付与し基準距離パターンを作製し、
前記基準距離パターンから枝部のない基準骨格パターンを作製し、
前記基準骨格パターンに属する画素の距離データに所定係数倍する距離の間の画素をマスタパターン画素としてマスタパターンを作製する請求項９に記載されたパターン検査装置

10

【請求項１１】

同一視野内に太さの異なるパターンを有し、
前記太さの異なる部分に所定の大きさの欠陥または突起が形成されたテストパターン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、プリント基板回路パターン、ＬＳＩ回路パターンの欠陥を画像処理により自動的に検査する回路パターンの検査方法に関する。

【背景技術】

20

【０００２】

絶縁部材の上に導線のパターンを形成した回路パターンは、携帯電話といった電子機器の一般への普及と共に、急速に需要が高まっている。回路パターンは、それを用いる電子機器の性能や耐久性に影響を及ぼすため、電氣的に設計通り結線されていることはもちろん、所定の寸法精度が要求される。

【０００３】

そこで、回路パターンは作製後に全数検査し、所定のスペックを満足していることが確認される。ところで、回路パターンは、その種類も数も膨大になってきているため、できるだけ短時間に検査を終わらせる必要がある。

【０００４】

30

従来この検査には、いくつかの方法が提案されている。線幅サブピクセル計測法と呼ばれる方法は、線幅を一定長毎に測定してゆき、前後数計測点からその間の線幅を決定し、基準幅に対しての良否を判断する方法である。この方法は、パターンピッチの１／１０程度の分解能で検査が可能である。

【０００５】

また、画像比較法は、２値化後の撮像データと良品データとの差分画像を求め、ある面積以上の差異部分を欠陥として求める方法である。この方法は、データを２値化しているため、計算速度は早くできる。

【０００６】

40

一方、欠陥の判定方法として、従来提案されている方法は、１／３ルールと呼ばれるものである。このルールは回路パターンの導線であるリード部分の太さが、基準となる太さの１／３より太ければリードに突起があると判定し、基準となる太さの１／３より細ければ断線のおそれがあると判定するものである。

【０００７】

特に特許文献１に開示されているのは、画像比較法を用いた方法で、基準となるパターンの部分が４／３倍になっている標準画像と、２／３倍になっている標準画像を用意し、それぞれの基準画像を検査対象となる回路パターンの画像と比較する。

【特許文献１】特開昭６３－１９５４１号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 8 】

標準画像と検査対象となる画像を比較する画像比較法は、簡便に回路パターンの欠陥を見るけることができ、有用である。この方法での欠陥抽出の精度は、基準パターンに対して拡大又は縮小させた標準画像の作成方法に依存する。

【 0 0 0 9 】

特許文献 1 には、拡大・縮小の方法として、隣接する画素との論理和を取ることによって基準パターンの拡大又は縮小パターンを作成する方法が開示されている。この方法は全画素に対して同じだけの画素数を増加又は減少をするため、基準パターンがほぼ同じ幅のパターンから構成されている場合は問題なく標準画像を作成することができる。しかし、線幅が大きく異なるパターンが混在したパターンでは、次の問題が発生する。

10

【 0 0 1 0 】

すなわち、太い線幅のパターンに合わせて縮小すると、細い線のパターンは消滅してしまい、細い線幅のパターンに合わせて拡大すると太い線のパターンは所定量だけ拡大しきれない。言い換えると、線幅に応じた拡大・縮小した標準画像を作成することが困難になるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明のパターン検査方法および装置は、上記の課題を解決すべく想到されたものである。すなわち、本発明では、基準パターンからパターンの骨格部分を抽出し、その骨格から所定倍数された距離分だけ画素を付け加えたマスタパターンを作成する。そしてこのマスタパターンと検査対象物の画像を比較し、欠陥を検出する。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明は、基準パターンの骨格部分から所定倍率された距離の間にある画素をマスタパターンとするので、太い部分と細い部分が混在しているパターンであっても、同じ倍率で各部を膨張・収縮させたマスタパターンを得ることができる。従って、より多様な線幅のパターンの組み合わせが 1 つの基板に描かれた製品の欠陥検査を行うことが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 3 】

以下本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれらの実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨の範囲内で修正、変更することができる。

30

【 0 0 1 4 】

(実施の形態 1)

図 1 に本発明のパターン検査装置 1 の構成図を示す。本発明のパターン検査装置は、被検査物 90 の回路パターンを撮影する画像撮影部 20 と、撮影された画像を 2 値化する 2 値化部 30 と、基準となる画像（これを「マスタパターン MP」と呼ぶ）と検査対象画像の位置を合わせる位置合わせ部 50、位置を合わせた画像同士の画素同士を論理演算する演算部 60、演算結果を判定する判定部 70 を含む。また、マスタパターンを記憶しておく記憶部 80 と、マスタパターンを作製するマスタパターン作製部 10 をも含む。

【 0 0 1 5 】

40

画像撮影部 20 は、少なくともカメラ 21 と照明 22 を有する。カメラ 21 は被検査物 90 のパターンの画像を画像データ Vd に変換し出力する。従って、CCD などの光電子変換素子を用いたものが好ましい。CCD は画素が 2 次元に配列されたものであっても、ラインセンサなどのように 1 次元に配列されたものであってもよい。また、被検査物 90 を上方から撮影するため、テレセントリックタイプのレンズを搭載したものがより好ましい。なお、通常の可視光の波長を用いるだけでなく、近赤外や紫外波長帯の光を検出するようにしてもよい。

【 0 0 1 6 】

画像データ Vd は、光電子変換素子によって電気信号に変換された画素情報の集合である。具体的には、CCD の 1 画素が受光した光を 8 ビット若しくは 10 ビットの階調に変

50

換された値（階調値）と画素の位置（座標など）のセットが１画像分集まったものである。１例を挙げると、ＣＣＤの有効画素数が５００万画素あり、１画素あたり１０ビットの階調値に変換される場合は、１画像分の画像データＶｄは、階調値だけで５０００万ビット（５０Ｍｂｉｔ）になる。

【００１７】

照明２２は、被検査物９０の撮影の際に光を当てて、コントラストを得るためのものである。特に制限されるものではなく、リング形状の蛍光灯やＬＥＤ、光ファイバライトガイドなどを好適に用いることができる。

【００１８】

また、被検査物９０を上方から照らすだけでなく、被検査物９０の下方から照らして、透過光をカメラ２１で撮影してもよい。

10

【００１９】

２値化部３０以降は、画像データＶｄに対する画像処理を行う。それぞれの構成要素は専用のハードウェアを作製することもできる。しかし、変更が容易である点と現在のコンピュータの処理速度は十分に速いことを考えると、コンピュータによるソフトウェア的な処理が主となる。

【００２０】

従って、２値化部３０、位置合わせ部５０、演算部６０、判定部７０、マスタパターン作製部１０は、コンピュータとソフトウェアで実行されことを表すため、制御装置８５の要素として説明を進める。これらの要素はソフトウェアとコンピュータで実行可能である。

20

【００２１】

なお、記憶部８０は、制御装置８５に含まれるように図示した。具体的には、半導体メモリが好適に用いられるからである。しかし、制御装置８５の外側に設置されたハードディスクなどの２次記憶媒体が含まれていても良い。

【００２２】

ここで、パターンについて説明を行う。パターンはポリイミドなどの基板上に回路又は回路の一部が形成された製品から得た画像データである。製品には導電体などでパターンが形成された部分と形成されていない部分があり、パターンが形成された部分の画像データを製品パターンｐｄ、そうでない部分の画像データを背景パターンｂｄと呼ぶ。すなわち、図１の画像撮影部２０で撮影した画像データＶｄは、パターンであり、パターンは製品パターンｐｄと背景パターンｂｄからなる。パターンは、画素を有し、それぞれの画素は階調値と座標を有する。製品パターンの画素をＥｐｄ、背景パターンの画素はＥｂｄとする。

30

【００２３】

基準パターンＶｓｄは、各種の検査をパスした製品や設計時のＣＡＤデータ（これらをまとめて「基準製品」と呼ぶ。）から得た画像データである。

【００２４】

基準パターンＶｓｄは、さらに個々の画素に対して、座標（ｘ、ｙ）、パターン区別情報（Ｅｖ）、画素値（Ｉ）、境界からの距離（ｄ）、骨格情報（Ｂ）といった情報を有している。また、マスタパターンを構成する画素となるか否かを表すマスタパターン情報（ｍｐ）を有していても良い。

40

【００２５】

座標は、画像データの中でその画素の位置を表す情報である。画素値（Ｉ）とは、その画素の輝度を示す階調値である。パターン区別情報（Ｅｖ）は、その画素が製品パターンの画素か、背景パターンの画素かを示す情報である。なお、製品パターンと背景パターンの境を単に「境界」ともいう。

【００２６】

画素値は、階調値である。境界からの距離（ｄ）は、製品パターンｐｄに属する画素であって、最も近い背景パターンｂｄからの距離を画素数で示す。なお、距離（ｄ）は距離

50

データ (d) と呼んでもよい。骨格情報 (B) は、製品パターン p d に属する画素であって、後述する骨格化処理の結果、骨格となったか否かを示す情報である。また、マスタパターン情報 (m p) とは、後述する逆距離変換処理の結果マスタパターンの画素となるか否かを示す情報である。

【0027】

なお、基準パターンには、最初は座標とパターン区別情報と画素値があれば足りる。その他のパラメータはマスタパターン作製部で作製されるからである。

【0028】

これらは、並べて表示してもよく、具体的にはある画素に対して (x, y, E v, I, d, B, m p) と記載してもよい。

10

【0029】

図2には、マスタパターン作製部10の処理フローを示す。基準パターン V s d が入力されると、距離変換処理 (S 2 0 1)、画素削除処理 (S 2 0 2)、細線化処理 (S 2 0 3)、合成処理 (S 2 0 4)、剪定処理 (S 2 0 5)、逆距離変換処理 (S 2 0 6) によって基準パターンが加工され、その結果マスタパターンが出力される (S 2 0 8)。画素削除処理、細線化処理、合成処理、剪定処理をまとめて、骨格化処理と呼ぶ。基準パターンを収縮して得たマスタパターンを収縮マスタパターン、膨張させて得たマスタパターンを膨張マスタパターンと呼ぶ。以下各処理について説明する。なお、図2のフローは、最後にメインルーチンに戻る処理 (S 2 1 0) をつけ、メインルーチンの処理に対するサブルーチンとして示したが、独立した処理であってもよい。

20

【0030】

図3を参照して距離変換処理 (図2の S 2 0 1) についてより詳細に説明する。図3 (a) は、1つの画像データ中に製品パターン p d と背景パターン b d がある事を示している。距離変換処理とは、入力された基準パターン V s d の背景パターン b d と製品パターン p d との境界からの距離を製品パターン p d の画素の距離データとして付与する処理である。

【0031】

まず、製品パターン p d の全ての画素 E p d に対して、その隣接する画素を調べ、背景パターンに隣接する画素には距離データ「1」を付与する。図3 (b) では距離データ「1」の画素を黒四角で示した。次に同じく製品パターン p d の全ての画素に対して、距離データ「1」の画素に隣接する画素に距離データ「2」を付与する。図3 (b) では距離データ「2」を付与された画素は黒丸で表した。このように、基準パターンの製品パターン部分に対して、背景パターンからの距離を画素数で与えたのが距離データ (d) である。

30

【0032】

図3 (c) には、製品パターンに属する全ての画素に対して距離データ (d) が付与された状態を示す。これを基準距離パターンと呼ぶ。なお、距離データ「3」の画素は黒三角、距離データ「4」はバツ印で表した。基準距離パターンでは製品パターンに属する全ての画素 E p d に対して距離データが与えられている。

【0033】

図4には、この距離変換処理のフローを示す。基準データが入力されると、処理がスタートする (S 2 2 0)。終了判定を行い (S 2 2 2)、終了であれば (S 2 2 2のY分岐) 処理をメイン (図2のステップ S 2 0 2) に返す (S 2 3 4)。ここで終了判定は製品パターンの全ての画素に対して距離データが付与されたか否かで判定する。距離データは背景パターンからの画素数であらわすので、予め基準パターンに属する全ての画素に距離ゼロのデータを付与しておく処理を事前に行うのが好ましい。このようにしておけば、背景パターンの距離データは全てゼロにできる。

40

【0034】

次に全ての製品パターンに属する画素 E p d に対して以下の処理を終えたか否かを判定する (S 2 2 4)。すでに処理が終了していれば、距離を表す引数 k をインクリメントし

50

(S 2 2 6)、ステップS 2 2 2に戻り、終了判定を行う。引数kは距離変換処理がスタートした直後に初期値として「1」を与えておく。

【0035】

まだ、全ての製品パターンに属する画素に対して以下の処理を終えていない場合(S 2 2 4のN分岐)は、以下の処理を行う。まず、ある画素に対してその画素を中心とする9画素の領域に着目する。図4(b)にはその領域を示した。以後これを参照領域と呼ぶ。参照領域は、パターン中のある画素に対する「周辺」を定義する領域でもある。真ん中の画素をAとし、その周辺の画素(8つ)をA_{p1}乃至A_{p8}と表す。そして、いずれかの周辺画素A_pの距離データがk-1であれば(S 2 2 8のY分岐)、画素Aは距離を付与される画素であるとして、距離データkが付与される(S 2 3 0)。ここで中心画素の有する距離データをA(d)と表わし、周辺の画素の距離データをA_p(d)とした。

10

【0036】

例えば、今距離データ「1」の画素を探している時(k=1の時)、製品パターンに属するある画素を参照領域の中心(画素A)と定め、画素Aのいずれかの周辺画素に距離「0」の背景パターンに属する画素があれば、その画素Aには距離データ「1」が付与される。また、周辺画素A_pに距離データがゼロである画素がなければ(S 2 2 8のN分岐)、ステップS 2 3 0を飛ばして、次の製品パターンに属する画素E_{p d}に移動し(S 2 3 2)、ステップS 2 2 4に戻る。次の画素に移動するとは、参照領域の中心画素を次の画素に移すということである。以上の処理を繰り返すことで、全ての製品パターンに属する画素E_{p d}に距離データを与えることができる。

20

【0037】

次に骨格化処理について説明する。骨格化処理は、距離変換処理した画像データに画素削除処理を行い、別途細線化処理した結果を合成処理し、それを剪定処理して基準骨格化パターンを得る処理である。

【0038】

図5を参照して、より詳細に説明する。図5(a)には図3(c)の基準距離パターンを再掲した。画素削除処理は、製品パターンに属する画素E_{p d}に距離データが付与された図5(a)に示す基準距離パターンが入力される。画素削除処理は、製品パターンに属する画素に対して、周囲に自分の有する距離データより大きな距離データを持つ画素が無くなるまで、画素を削除する処理を含む。画素削除処理は実際に画素を削除するのではなく、製品パターンに属する画素E_{p d}から骨格となる画素を抽出する処理である。従って、画素削除処理とは、全ての画素E_{p d}に対して予め骨格情報(B)に1の値を与えておき、この骨格情報をゼロにする処理である。画素削除処理によって得られた結果を画素削除処理画像という。

30

【0039】

図5(b)は、参照領域の真ん中の画素Aに対して、縦横斜め方向の周辺画素の距離データが画素Aの距離データより大きなものなくなるまで画素を削除した結果を示す。すなわち、図5(b)は、製品パターンに属する画素E_{p d}のうち、骨格情報(B)が1のものについて、その距離データを、黒四角、黒丸といった記号で示している。例えば、画素111は、距離データが2であり、骨格情報は1である画素である。このように画素削除処理では1つの連結した基準骨格パターンは得られない場合がある。

40

【0040】

次に、画素削除処理と並行して細線化処理によって線の太さが1となるまで周囲の画素を削除した細線化処理画像を作成する。細線化処理は、階調値に基づいて行われる。従って細線化処理には、基準パターンV_{s d}が入力される。図5(c)は、細線化処理によって画像を生成した結果である。細線化処理によって得られた結果を細線化処理画像という。

【0041】

次に、画素削除処理画像と、細線化処理画像との結果を論理和演算する。これは合成処理である。図5(d)はその結果である。この前記演算処理によって、画素削除処理では

50

骨格線分が分断されていた箇所が細線化処理によって保管された骨格化パターンとすることができる。すなわち、細線化処理画像で残った画素の骨格情報 (B) を 1 にして画素削除処理画像との間で、骨格情報 (B) の論理和を取る。

【0042】

そして、この合成処理の結果得られたパターン情報に対して、枝部となる部分を削除する剪定処理を行う。ここで枝部とは、先端を有し、画像データ上で 45° の角度で連続する部分である。図 5 (d) では、113 乃至 117 の部分が枝部にあたる。枝部は、細線化処理によって、パターンの角を線分の始点として処理するため生じる。

【0043】

枝部は、後で行う逆距離変換処理によって、欠陥検査に用いるマスタパターンに好ましくない部分を生成する可能性があり、削除しておく必要がある。また、剪定処理は骨格情報 (B) が 1 の画素に対して行えばよい。図 5 (e) には、剪定処理を行い枝部が削除された結果得られる基準骨格パターンを示す。図 5 (b) の画素削除処理画像と比べて画素 112 によって 1 つの連続した骨格パターンが得られたのがわかる。

【0044】

次にフローを用いて、各処理を例示する。図 6 に、画素削除処理のフローを示す。基準距離パターンが入力され画素削除処理がスタートすると (S250)、画素削除処理の終了判定を行う (S252)。終了判定は、削除すべき画素の有無である。従って、製品パターンに属する画素について判定すれば足りる。削除すべき画素が無くなったら、次の処理 (S204) に移る (S264)。そうでなければ、製品パターンに属する画素であって、距離データが m である全ての画素について、検査が終了したかを判定する (S254)。終了していれば、削除する距離データを示すパラメータの m をインクリメントする。m は初期設定で 1 に設定させておく。

【0045】

製品パターンに属する距離データが m の全ての画素について処理が終了していなければ (S254 の N 分岐)、参照領域の真ん中の画素の距離データと、周辺画素の距離データの大小を比較する (S258)。周辺画素とは、図 4 (b) を参照して、真ん中の画素 A に対して周囲 8 方向にある近接画素 (Ap1、Ap2、Ap3、Ap4、Ap5、Ap6、Ap7、Ap8) である。なお、図 6 では、i 番目の周辺画素の距離データを「Apⁱ (d)」と表した。

【0046】

そして、周辺画素の距離データのいずれかが参照領域の真ん中の画素の距離データより大きければ (S258 の Y 分岐)、画素 A の骨格情報 (B) をゼロにする (S260)。骨格情報 (B) がゼロというのは、現在参照領域の真ん中にある画素 A は骨格パターンになり得ないことを表す。そして、次の画素に移り (S262) ステップ S254 に戻る。

【0047】

この処理を繰り返すことによって、背景パターンに近い画素から骨格情報 (B) がゼロになり、最後は図 5 (b) の情報となる。この処理は画素削除処理に相当する。

【0048】

次に細線化処理 (S203) を説明する。細線化処理は、画像の輝度値に基づいて、明るい部分 (明部) 若しくは暗い部分 (暗部) の太さが 1 画素になるまで明部を暗部になるように輝度値を入れ替える処理である。結果は、太さが 1 の明るい線、若しくは暗い線からなる画像が得られる。これには、いくつかの方法が提案されている。ここでは、代表的な 1 方法を説明する。なお、背景パターン b d は、暗い画素 (階調値が低い画素) であり、製品パターン p d は明るい画素 (階調値が高い画素) から構成されているとして説明する。

【0049】

細線化処理には、画像データに対して 8 種類の参照領域 (これらを「細線化要素」と呼ぶ) を適用させ、個々の画素について削除が可能か否かを判断する。すなわち、以下の細線化要素と同じ領域が画像データ中にあれば、中心画素の輝度値を暗部に置き換える。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

図 7 に細線化要素を示す。それぞれを E L 1 から E L 8 とする。例えば、E L 1 は参照領域の A p 1、A p 2、A p 3 が暗部 (Z) であり、A p 6、A p 7、A p 8 が明部 (W) である場合に、中心画素 (A) が明部であれば、暗部に変更できる場合を示す。ここで「 X 」は暗部でも、明部でもよい。ここで暗部に変更すると輝度値に関しては、画素が削除されたように見える。

【 0 0 5 1 】

E L 1 は、画素が横に長く連続して並んでいる場合に、暗部との境界に接する画素を 1 画素分だけ暗部に変更する。この処理によって画面の横方向に長い部分は画面の上方向から削除される。しかし、参照領域は横に 3 画素分あるので、画像データが幅 2 画素以下になつたら上方向から画素を削除することはなくなる。

10

【 0 0 5 2 】

E L 2 は、A p 4 と A p 7 の斜めの部分を残して角にあたる中心画素 (A) を暗部に変更する処理である。E L 3 乃至 E L 8 は、E L 1 と E L 2 の方向違いである。従って、E L 1、E L 3、E L 5、E L 7 によって、画像データは、上、右、下、左方向から削除されてゆく。ただし、E L 1 と E L 5 は、画素の横方向の画素数が 2 以下になつたら適用されない。また、E L 3 と E L 7 は、縦方向の画素が 2 以下になつたら適用されない。また、E L 2、E L 4、E L 6、E L 8 によって斜め方向の画素の繋がりは残る。

【 0 0 5 3 】

以上の処理を輝度値の置き換えがなくなるまで続けることにより、画像データを太さが 1 になる細線化処理を実行することができる。図 5 (c) はこの処理の結果である。

20

【 0 0 5 4 】

図 8 および図 9 に、この処理のフローを示す。細線化処理 (S 2 0 3) がスタートする (S 4 0 0) と、変数の初期化を行う (S 4 0 2)。変数としては、「 f l a g 」と「 E L 」の 2 つを用いる。「 f l a g 」は、階調値の置き換えの有無を判断するためのフラグであり、この値がゼロであれば全ての画素について階調値の置き換えはなかったとして処理を終了する。初期値はゼロである。「 E L 」は、図 7 で説明した細線化要素を表す。例えば E L = 1 とは E L 1 を表すものとする。初期値は「 1 」である。

【 0 0 5 5 】

なお、画像データの修正およびその更新ように「 i n 」と「 o u t 」という 2 種類の画像データを用意する。これらの画像データは、基準パターン V s d の階調値と座標でよい。また、初期化の際は i n と o u t は同じでよい。

30

【 0 0 5 6 】

次に E L = 9 か否かを判断する (S 4 0 4)。これは 8 種類の細線化要素を画像データに適用したか否かを知らためである。適用すべき細線化要素がまだ残っている場合 (S 4 0 4 の N 分岐) は、階調値の置き換え処理 C を行う (S 4 0 6)。ステップ S 4 0 6 の詳細は図 9 で説明する。

【 0 0 5 7 】

そして E L をインクリメントし (S 4 0 8)、E L が 9 か否かの判断 (S 4 0 4) へ戻る。この処理を行うことで、全ての画素に対して、8 つの細線化要素が順次適用され、処理 C によって階調値の置き換えが行われる。ステップ S 4 0 4 で E L = 9 となつたら、8 つの細線化要素はすべて適用されたとして、終了判断を行う (S 4 1 0)。

40

【 0 0 5 8 】

終了判断は f l a g がゼロか否かを判断することによって行う。終了ならば (S 4 1 0 の Y 分岐)、細線化画像を作製し (S 4 1 2)、図 2 で説明したメインルーチンの合成処理 (S 2 0 4) に戻る (S 4 1 4)。そうでないなら (S 4 1 0 の N 分岐)、変数の初期化 (S 4 0 2) に戻る。なお、細線化画像は、細線化処理で得られた明部の画素と同じ座標を基準距離パターンから抽出した画像データである。すなわち、細線化処理によって得られた明部の画素と同じ座標を有する画素を基準距離パターンから抽出し、その骨格情報 (B) を 1 としたものである。この処理によって図 5 (c) の画像データを得られること

50

ができる。

【0059】

次に図9を参照して処理Cについて説明する。処理Cでは、現在設定されている8つの細線化要素の1つと同じ画素の位置関係を探し出し、適用する。そのため、まず画像データの先頭に参照領域の中心を設定する(S420)。そして、参照画素のなかのそれぞれの画素で現在指定されている細線化要素と画素関係が見つかるまで順次画素を調べる。そして、参照画素の中心画素の階調値が、暗部の階調値の最大値(MAX(Z))より大きく、明部の最小値(MIN(W))より小さいか否かを判断する(S422)。すなわち、現在適用されている細線化要素に適合する領域を見つけ、その参照領域の中心画素が明部であるか否かを判断する。

10

【0060】

細線化要素であって、しかも参照領域の中心画素が明部(W)である場合は、その画素を暗部の階調値の最大値に変換する。すなわち、暗部とする。そして、flagを1とする。画素の階調値の置き換えを行ったからである。

【0061】

最終画素か否かを判断し(S428)、最終画素でなければ次の画素に移り(S432)、画素値の判断(S422)に戻る。最終画素まで終了したら画像データinの内容を画像データoutに置き換える。階調値の置き換えは、画像データout上で行われているからである。そして、処理C(S406)に戻る。この結果階調値による細線化処理結果として図5(c)を得ることができる。

20

【0062】

次に合成処理について説明する。図5(b)の画素削除処理結果と図5(c)の細線化画像について、骨格情報(B)について論理和をとる。従って、図5(b)と図5(c)で骨格情報が1のものだけを抜き出し、その距離(d)を黒丸、黒四角といった距離データの印で示したものが図5(d)である。

【0063】

次に、合成処理の結果の画像データに対して剪定処理を行う。図10のフローを参照する。初めに剪定処理の終了判定を行う(S272)。ここでの終了判定は、枝部として剪定(削除)する画素の有無である。より具体的には、距離データを示すパラメータを「1」(エル)とし、基準パターンの画素のうち、距離データの最大値をlmaxとした時に、骨格情報(B)がゼロでなく、かつ距離データがl=1からl=lmax-1をもつ画素Epdについて、削除できる画素の有無を判定する。

30

【0064】

そして、この剪定処理の終了判定が、骨格化処理の終了判定ともなる。削除する画素がなくなったら骨格化処理は終了する。そうでなければ、製品パターンに属する画素のうち、所定の画素について、処理が終了したかを判定する(S274)。より具体的には、画素Epdのうち、骨格情報(B)が1であり、かつ距離データ(d)が1である画素について処理が終了したか否かを判定する。終了していれば、削除する距離を示すパラメータのlをインクリメントする。なお、パラメータlは初期値として1を与えておく。

【0065】

上記のような所定の画素Epdについて検査が終了していなければ(S274のN分岐)、参照領域の真ん中の画素に対して、まず、参照領域の真ん中の画素以外の周辺画素Ap1乃至Ap8に骨格情報(B)が1の画素が何個あるかを確認し、1個の場合のみ、真ん中の画素の距離データとAp1、Ap3、Ap6、Ap8の距離データの大小を比較する(S278)。Ap1、Ap3、Ap6、Ap8は、図4(b)を参照して、参照領域の真ん中の画素Aに対して斜めの関係にある画素である。

【0066】

なお、参照領域の真ん中の画素以外の周辺画素Ap1乃至Ap8で骨格情報(B)が1の画素の数を「SApⁱ(B)」とした。また、Ap1、Ap3、Ap6、Ap8の距離データを「Ap^o(d)」とし、Ap2、Ap4、Ap5、Ap7の骨格情報(B)を「

40

50

$Ap^e(B)$ とした。

【0067】

ここで、 $Ap1$ 、 $Ap3$ 、 $Ap6$ 、 $Ap8$ の距離データのいずれかが参照領域の真ん中の画素Aの距離データより大きく、 $Ap2$ 、 $Ap4$ 、 $Ap5$ 、 $Ap7$ の骨格情報(B)がゼロであれば(S278のY分岐)、真ん中の画素の骨格情報(B)をゼロにする(S280)。現在の距離データが1(エル)であり、周辺画素に骨格情報(B)が1のものがひとつしかなく、かつその画素が画素Aに対して斜め方向にしか存在せず、かつ距離データが画素Aよりも大きな場合、その画素は枝部であると判断できるからである。そして、次の画素に移りステップS274に戻る(S282)。

【0068】

この処理を繰り返すことによって、画素削除処理の結果と細線化処理の結果が合成されたパターン中の枝部が全て削除され、最後は図5(e)のパターンとなる。図10の処理は剪定処理に相当する。このように、製品パターンの骨格を示すパターンであって、枝部のないパターンを基準骨格パターンtdと呼ぶ。また、基準骨格パターンに属する画素であって骨格情報(B)が1の画素を骨格画素Tpdで表す。例えば、骨格画素Tpdは図5(e)の黒丸、黒三角、バツ印の画素である。本実施例では、基準距離パターンに対して画素削除処理と剪定処理を行い、基準骨格パターンを求めたが、基準骨格パターンの求め方はこれに限定されるものではない。

【0069】

次に逆距離変換処理(図2のS206)について説明する。図11(a)には、図5(e)を再掲する。逆距離変換処理は図11(a)の基準骨格パターンが入力される。逆距離変換処理とは、骨格画素Tpdが有する距離データに、所定の倍率を乗算した距離に相当する画素を骨格画素の周辺に付与し、マスタパターンを生成する処理である。例えば、骨格画素が距離データdを有している場合に、収縮マスタパターンは基準パターンを0.8倍したものを求めるとすると、その骨格画素から0.8dの距離にある画素を全て収縮マスタパターンの画素とする。

【0070】

図11(b)を参照して、より詳細に逆距離変換処理を説明する。図11(a)の画素120は骨格画素Tpdの1つである。そして、この画素120の距離データdは4であった。倍率を0.8とすると、この画素120から $4 \times 0.8 = 3$ 画素分が収縮マスタパターンの範囲である。なお、画素は整数でなければならないので、小数点以下を四捨五入した。

【0071】

そこで、この画素120を中心として縦横3画素ずつ計 $5 \times 5 = 25$ 画素の範囲124の画素がマスタパターンとなる。同様に画素121の距離データは3であり、画素122の距離データは2であったので、収縮マスタパターンに含まれる画素は、それぞれの画素を中心に9画素分(125)と、9画素分(126)である。

【0072】

全ての基準骨格パターンに属する画素Tpdに対してこの処理を行い、マスタパターンに含まれるとされた画素のマスタパターン情報mpを1にする。 $mp=1$ の画素をマスタパターン画素という。また、含まれないとされた画素はマスタパターン情報mpをゼロとする。また、マスタパターン情報を用いなくとも、画素値を変更してもよい。例えば、マスタパターンの画素には画素値Iの最大値であるImaxを付与し、それ以外の画素には画素値Iの最小値I₀を付与する。このようにすると、2値画像としてマスタパターンを得ることができる。

【0073】

図11(c)は全ての基準骨格パターンに属する画素に対してこの処理を行い、収縮マスタパターン127を得た結果を示す。画素120があった部分128は、背景パターンから1画素分がマスタパターンに含まれていないが、画素122があった幅の狭い部分129では、製品パターンが全て残った。このように本発明のマスタパターン作製では、製

10

20

30

40

50

品パターンの全ての部分について一律に同じ数の画素が削除されたり膨張されたりすることがない。言い換えると、収縮・膨張されるかどうかは、製品パターンの中でその画素が存在する位置関係に依存する。

【0074】

図12には逆距離変換処理のフローを示す。逆距離変換処理には、基準骨格パターンが入力される。まず、終了判定(S292)を行うのは、これまでの処理と同じである。ここで終了判定は、全ての基準骨格パターンに属する画素Tpdに対して逆距離変換できたかどうかということである。逆距離変換できたら(S292のY分岐)、後処理(S300)に移る。

【0075】

そうでない場合(S292のN分岐)は、画素Tpd(参照領域の中心にいたので画素Aとも呼ぶ)の距離データdに倍率 を乗算した結果をzとして求め(S294)、画素Aを中心として距離zに含まれる画素(Apz)のマスタパターン情報mpを1にする(S296)。なお、mpは初期値ゼロを与えておく。

【0076】

またApzの画素値Iに所定の値を入れる処理を追加してもよい(S296)。所定の値は、例えば画素値の最大値であるImaxの値である。ここで、画素Aを中心とした距離zの範囲にある周辺画素をApzで表し、そのマスタパターン情報をApz(mp)とし、画素値をApz(I)と表した。

【0077】

次の基準骨格化パターンに属する画素に移り(S298)、再び終了判定(S292)から繰り返す。全ての基準骨格パターンの画素Tpdについて処理を終えたら(S292のY分岐)、製品パターンに属する画素Epdであって、Imaxに値を変換されなかった画素の画素値を背景パターンの画素と同じ値(例えばI₀)にする。この処理はマスタパターンを2値化画像データとして取得する場合に必要な処理である。2値化画像データとしてマスタパターンを作成しない場合はなくてもよい。そして終了する(S302)。

【0078】

以上の操作によって基準パターンのどの部分も一様に 倍されたマスタパターンを得ることができる。なお、ここで を1.0より大きな値に設定すれば、基準パターンを膨張したマスタパターンを得ることができ、1.0より小さな値に設定すれば、基準パターンが収縮されたマスタパターンを得ることができる。また、複数のマスタパターンを得たい場合は、ステップS290からS302を倍数 を変えながら所定回数行ってもよい。

【0079】

以上のようにマスタパターン作製部10は、入力された基準パターンに基づいてマスタパターンMPを作製する。なお2値化された膨張・収縮マスタパターンは、膨張マスタパターンBcdx及び収縮マスタパターンBcdsとする。すなわち、Bcdx、BcdsはマスタパターンMPの形態の1つである。これらのマスタパターンは記憶部80に記憶される。

【0080】

次に図1および図13のフローを参照して、本発明のマスタパターンを用いたパターン検査方法について説明する。膨張マスタパターンおよび収縮マスタパターンは上記の説明に基づいて予め記憶部80に記録されているものとする。検査が開始されると(S1000)、終了判定を行う(S1002)。ここで終了判定は検査対象となる被検査物の有無である。もちろん、被検査物があっても、割り込み処理によって終了させてよい。終了であれば(S1002のY分岐)、検査を終了する(S1016)。

【0081】

被検査物が投入されると画像撮影部20が被検査物を撮影し画像データVdを取得する(S1004)。この画像データVdは、2値化部30にて2値画像データBcdに変換される(S1006)。マスタパターンとの比較を容易にするためである。なお、画像データは2値化される前に、所定の大きさに拡大または縮小といった補間処理が行われても

10

20

30

40

50

よい。

【0082】

2値画像データBcdは、位置合わせ部50で、記憶部80から送られたマスタパターンMPと位置合わせを行う(S1008)。2つの画像を比較するためである。位置合わせが行われた2つの画像は、演算部60にて対応する画素毎に演算され、マスタパターンとの大小比較が行われる(S1010)。

【0083】

より具体的には、被検査物の2値画像データBcdに属する画素の画像データから膨張マスタパターンBcdxに属する対応画素の画素値を引き算し、正となった場合の個数Cdxと、収縮マスタパターンBcdsから被検査物の2値画像データBcdを引き算し、正となった場合の個数Cdsを求める。

10

【0084】

被検査物の画像データの中の画素のうち、膨張マスタパターンの画素より画素値の値が大きいということは、被検査物は、定められた基準以上に太った部分が存在することを意味する。すなわち、突起欠陥のおそれがある。また、収縮マスタパターンの方が被検査物の2値化画像データより画素値が大きいということは、被検査物には非常に細い部分が存在することを意味する。すなわち、欠け欠陥のおそれがある。

【0085】

判定部70は、演算部60で求めた膨張マスタパターンよりはみ出た画素の数Cdxと、収縮マスタパターンより細い画素の数Cdsを、予め与えられた閾値ThxおよびThsと比較し、容認できるか否かを判断する(S1012)。ここで閾値Thxは膨張閾値とよび、閾値Thsは収縮閾値と呼ぶ。

20

【0086】

つまり、CdxがThxより大きいということは、容認できないほど太った部分が被検査物のパターンに存在する。従って突起欠陥と判定する。同様に、CdsがThsより大きいということは、容認できないほど細い部分が被検査物のパターンに存在することを意味する。従って欠け欠陥と判定する。

【0087】

さらに判定部は、これらの結果Conを出力する(S1014)。出力の結果Conは、被検査物に対する欠陥が容認できる、又はできないといった判断だけであってもよいし、マスタパターンからの差であるCdx、Cdsの数を直接示しても良い。また、出力の結果Conは、ディスプレイ装置などに表示してもよいし、そのまま記録するまたは他の機器に送信する等してもよい。図1の符号88は結果Conの出力先を示す。

30

【0088】

図14, 15を参照して、パターン検査のより具体的な例を示す。図14を参照して、すでに説明したように、基準パターンVs dから基準骨格パターンt dが生成されている。基準骨格パターンt dから、マスタパターン作製部10によって、収縮マスタパターンBcdsが生成される。今被検査物から画像データVcd1が得られたとする。この被検査物は製品パターン中に一箇所の断線131があるものとする。なお、Vs dでは、製品パターンp dの領域を、基準骨格パターンt dでは骨格情報B = 1の領域を、Bcdsではマスタパターン情報mp = 1であって画素値がImaxの領域をそれぞれ白で表した。

40

【0089】

演算部60にて、収縮マスタパターンBcdsに属する画素の画素値から、対応する画像データVcd1の画素の画素値を引くと、画像データ130が得られる。この画像データ130の中にI₀以上の画素値を有する画素があった場合は、欠け欠陥であると判断できる。収縮マスタパターンよりも細い部分があるからである。図14では領域132が該当する。

【0090】

次に図15を参照する。マスタパターンは膨張マスタパターンBcdxである。ここに被検査物から画像データVd2が得られたとする。この被検査物は、製品パターン中には

50

み出た部分 1 3 3 があるとする。膨張マスタパターンに属する画素の画素値から、対応する画像データ V d 2 の画素の画素値を引くと、画像データ 1 3 4 が得られる。この画像データ 1 3 4 の中に I_0 以上の画素値を有する画素があった場合は、はみ出し欠陥であると判断できる。膨張マスタパターンよりも太い部分があるからである。図 1 5 では領域 1 3 5 である。なお、図 1 5 で白の領域で表したのは図 1 4 に従う。ただし、B c d s を B c d x に置き換える。

【0091】

以上のように、本発明のマスタパターン M P を用いることで、被検査物のパターン検査を行うことができる。特に製品パターン中に太さの違いの比率が大きい箇所を含む場合に本発明によるマスタパターン M P を用いることは有用である。

【0092】

(実施の形態 2)

実施の形態 1 では、製品パターンの画素のうち、マスタパターン M P となるべき画素には、マスタパターン情報 m p を 1 にしたうえに、画素値の最大値 I_{max} を与え、マスタパターンとならない製品パターンの画素には画素値の最小値 I_0 を与えた(図 1 2 のフロー参照)。これはマスタパターンを 2 値化画像データとして求めたことを意味する。

【0093】

従って、マスタパターンと被検査物の画像データ V d との差は画素の個数として求められ(C d x や C d s)、欠陥の程度を定量的に判断することはできない。例えば、膨張マスタパターンよりはみ出た部分 C d x が膨張閾値 T_{hx} より少なく、判定部の判断は容認できるという判断であったとしても、基準パターンとほぼ同様程度の出来であったのか、基準パターンより太った部分が数多くあり、膨張閾値 T_{hx} をわずかに超えていなかったために容認されたのかという、程度の判断を行うことはできない。

【0094】

そこで、本実施の形態では、より定量的に基準パターンとの違いを評価できる実施態様について説明する。

【0095】

本実施の形態では、マスタパターンを作製する際に、マスタパターン M P に属する画素には基準骨格パターンからの距離に相当する画素値を与える。

【0096】

図 1 6 を参照してより詳細に説明する。基準骨格パターンに対して倍率 を変えながら、逆距離変換処理を行い、マスタパターン 1 5 0、1 5 1、1 5 2、1 5 3 を作製する。例えば、マスタパターン 1 5 0 は をゼロ、1 5 1 は を 0.5、1 5 2 は 1.0、1 5 3 は 1.3 などである。明らかにマスタパターン 1 5 0 は基準骨格パターンであり、マスタパターン 1 5 1 は、収縮マスタパターンであり、マスタパターン 1 5 2 は基準パターンであり、マスタパターン 1 5 3 は膨張マスタパターンである。そして、それぞれのマスタパターンに属する画素には、基準骨格パターンからの距離に相当する画素値を与える。

【0097】

例えば、マスタパターン 1 5 0 に属する画素には I_{max} 、マスタパターン 1 5 1 には $0.8 * I_{max}$ 、マスタパターン 1 5 2 には $0.5 * I_{max}$ 、マスタパターン 1 5 2 には $0.3 * I_{max}$ などである。そして、これらの画素データのマスタパターン情報 m p が 1 の画素を倍率の大きいものから順に上書きする。なお、マスタパターン情報 m p が 1 の画素をマスタパターン画素と呼ぶ。ここで、上書きとは、すでに画素値を有している画素に対して、新たな画素値で置き換えることをいう。図 1 4 では、符号 1 5 5、1 5 6、1 5 7、1 5 8 の順に上書きする。

【0098】

結果、合成されたマスタパターン 1 6 0 は、背景パターン 1 6 1 と、画素値 $0.3 * I_{max}$ の領域 1 6 2 と、画素値 $0.5 * I_{max}$ の領域 1 6 3 と、画素値 $0.8 * I_{max}$ の領域 1 6 4 と、画素値 I_{max} の領域 1 6 5 を有する。このマスタパターン 1 6 0 をマルチマスタパターンと呼ぶ。

【 0 0 9 9 】

このマルチマスタパターンは、判定部が行う容認の可否だけでなく、どの程度基準パターンと違いがあるかという情報も取得できる。

【 0 1 0 0 】

図 1 7 を参照して、より具体的に説明する。画像データ 1 3 0 は被検査物に切断 1 3 1 があつたものの画像データであつた（図 1 4 より）。また、画像データ 1 3 4 は被検査物にはみ出し 1 3 5 があつたものの画像データであつた（図 1 5 より）。

【 0 1 0 1 】

これらの画像データとマルチマスタパターン 1 6 0 を比較すると、切断の部分は領域 1 7 1 で、はみ出しの部分は領域 1 7 3 に対応する。すると、この領域に属する画素の画素値と、数を調べることで、どの程度基準パターンと相違があるのかを示すことができる。具体的には、マスタパターンとの差異として求められた領域 1 7 1 および 1 7 3 について、総画素数、画素値毎の画素数を表示させるなどである。これらは、図 1 3 の判定処理（S 1 0 1 2）に含めてもよい。

【 0 1 0 2 】

図 1 8 にマルチマスタパターンを作製するフローを示す。マスタパターン作製部 1 0 が処理を行うものとして説明する。マルチマスタパターンの作製は図 2 で示すマスタパターン作製部 1 0 の処理のうち、骨格化処理 S 2 0 4 までは全く同じ処理でよい。マルチマスタパターンを作製するには、逆距離変換処理を図 1 6 で示すステップ S 3 1 0 からのフローに変更すればよい。

【 0 1 0 3 】

図 1 8 のフローを行う際の前提として、上書きするマスタパターンの数と、それぞれのマスタパターンの倍率 と、それぞれの倍率 毎の画素値 I が決まっているものとする。ここでは、倍率 が大きくなるほど、画素値 I が小さくなるものとし、これを $I()$ と表し、説明を続ける。まず、逆距離変換処理 S 3 1 0 がスタートすると（S 3 1 0）、初期設定を行う（S 3 2 2）。初期設定は、倍率 を の最大値である max にし、かつマルチマスタパターン M M P を基準パターン Vsd にする。なお、マルチマスタパターンは順次上書きされていくので、何に決めても構わない。

【 0 1 0 4 】

次に終了判定を行う（S 3 2 4）。ここでの終了判定は、所定の数の回数のマスタパターンが上書きされたか否かである。倍率 が最小値になったか否かで判断してもよい。所定の数のマスタパターンが上書きされたら（S 3 2 4 の Y 分岐）処理をメインに返す（S 3 3 8）。

【 0 1 0 5 】

そうでなければ（S 3 2 4 の N 分岐）、全ての基準骨格パターンの画素 Tpd について処理が行われたか否かを判断する（S 3 2 6）。行われなかった場合は（S 3 2 6 の N 分岐）、画素 Tpd （参照領域の中心にいたので画素 A と呼ぶ）の距離データ d に倍率 を乗算した結果を z として求め（S 3 2 8）、画素 A を中心として距離 z に含まれる画素（ Apz ）のマスタパターン情報 mp を 1 にする。なお、 mp は初期値ゼロを与えておく。

【 0 1 0 6 】

また、画素 Apz の画素値には、倍率によって予め決めておいた画素値 $I()$ を代入する。そして、次の画素に移り（S 3 3 2）、ステップ S 3 2 6 を繰り返す。この処理の繰り返しによって倍率 のマスタパターン M P（ ）が完成する。

【 0 1 0 7 】

全ての基準骨格パターンの画素 Tpd について、以上の処理が終了したら、マルチマスタパターン M M P にマルチパターン M P（ ）を上書きする。上書きとはマスタパターン画素を残し、特に後から書き込むマスタパターン画素を優先して残す処理である。

【 0 1 0 8 】

より具体的に説明すると、M M P の画素 x に対応する M P（ ）の画素 y を上書きする際に、以下のルールに従う。すなわち、画素 x と画素 y のマスタパターン情報 mp の値を

10

20

30

40

50

比較し、ともにゼロであったら、画素 x と画素 y のいずれかの画素値を採用する。画素 x の m p がゼロで画素 y の m p が 1 であった場合は画素 y の画素値を採用する。画素 x の m p が 1 で画素 y の m p がゼロであった場合は、何もしない。画素 x の M P も画素 y の m p も共に 1 であった場合は、画素 y を採用する。

【 0 1 0 9 】

そして、倍率 を次の倍率にしてステップ S 3 2 4 に戻る。以上の処理フローを行うことで倍率の の大きいマスタパターンから順次上書きされたマルチマスタパターンを作製することができる。マルチマスタパターンと被検査物の画像データの比較は、図 1 の演算部 1 0 で行われ、判定部による結果 C o n に含めることが出来る。

【 0 1 1 0 】

(実施の形態 3)

本発明の検査方法では、被検査物のパターンの幅に応じたマスタパターンを作製している。そこで、本発明の検査方法が正しく機能しているか否かを確認するための方法があれば便利である。ここでは、本発明の検査方法の検証のためのテストパターンについて説明する。

【 0 1 1 1 】

図 1 9 は本発明の検査方法に対するテストパターンを示す。このテストパターンには太い部分 1 8 0 と細い部分 1 8 2 がカメラ 2 0 の同じ視野内に含まれるように構成される。そして、太い部分および細い部分に同程度の大きさの欠陥を形成する。図 1 9 では、太い部分 1 8 0 での突起 1 8 4 と欠け 1 8 6 および細い部分 1 8 2 での欠け 1 8 8 と突起 1 9 0 がこれにあたる。太い部分 1 8 0 と細い部分 1 8 2 の比率は 1 0 0 : 2 0 乃至 1 0 0 : 5 0 が望ましい。本発明の検査方法は同一視野内にこの範囲の太さの違いがあるパターンの検査に適しているからである。

【 0 1 1 2 】

太い部分 1 8 0 にはこの線幅 1 9 2 に対する欠陥 1 8 4 および 1 8 6 がある。ここでは欠陥の大きさより線幅の方が十分太いので、これらの欠陥は容認される欠陥である。しかし、細い部分 1 8 2 での欠陥 1 8 8 および 1 9 0 は、同じ大きさの欠陥であっても、線幅 1 9 3 に対しては十分に大きな欠陥であるので、容認できない欠陥である。これら欠陥の大きさは、線幅に対してどれくらいの大きさまで許容できるかによって変えることができる。このようなテストパターンを入力し、これらの欠陥を容認、若しくは欠陥検出ができるか否かで本発明の検査方法が正しく行われているか否かの検証が可能である。

【 0 1 1 3 】

図 2 0 は、このテストパターンに対する基準パターンである。このパターンには欠陥はない。この基準パターンに基づいて膨張および収縮マスタパターンが作製される。

【 0 1 1 4 】

図 2 1 はテストパターンと基準パターンから得た容認できない突起部分 1 9 4 の出力例であり、図 2 2 は容認できない欠陥部分 1 9 6 の出力例である。これらは図 2 0 の基準パターンから作製された膨張および収縮マスタパターンとテストパターンの比較によって得られたものである。すなわち、図 1 9 の欠陥 1 8 8 および突起 1 9 0 を膨張および収縮マスタパターンで検出したものである。つまり、テストパターンを本発明の検査装置に入力し、図 2 1、2 2 の結果をえることができれば、検査装置は正常に動作していることが検証できる。

【 0 1 1 5 】

図 2 3 および図 2 4 に、膨張マスタパターンおよび縮小マスタパターンをそれぞれ示す。これらは、基準パターンの太い部分および細い部分に対して 3 0 % の増減で作製されたものである。これらのマスタパターンはパターンの線幅に対する所定比率で膨張・縮小処理を行っているため、基準パターンとの太さの違いは一定ではない。しかし、比率は一定である。

【 0 1 1 6 】

なお、テストパターンに形成する欠陥は、場所によって検出できる境界の大きさの欠陥

10

20

30

40

50

を形成してもよい。例えば、パターン全体に対する欠陥検出の閾値をパターンの場所毎の $s\%$ であるとする、太い部分および細い部分にそれぞれ $s\%$ を超えない欠陥と $s\%$ を超える欠陥の少なくとも何れかを形成してもよい。このようにすることで、意図した通りの検査が行われているか否かがすぐに確認することができる。

【0117】

具体的には、太い部分が 80 ピクセル、細い部分が 20 ピクセルであり、突起や凹みの検査の閾値を 30 % とすると、太い部分は 24 ピクセルが検出の境界線となる。従って、太い部分に 23 ピクセルに相当する大きさ以下の人工欠陥と、24 ピクセルに相当する大きさ以上の人工欠陥を形成しておく。なお閾値が 30 % であるなら、細い部分に対しては、7 ピクセル以下の欠陥は容認される。これらの欠陥はそれぞれ容認および容認されない欠陥として検出されれば、本発明の欠陥検査方法が正しく行われていると判断することができる。

10

【0118】

図 25 には太い部分 180 に対して 24 ピクセル以上の突起 200 と欠け 202 と、細い部分 182 に対して 7 ピクセル以下の突起 206 と欠け 204 を加えたテストパターンである。以上のようにテストパターン中に閾値より大きな欠陥および小さな欠陥を含ませおけば、本発明の検査方法および検査装置の動作の妥当性をより正確に検証することが可能になる。

【産業上の利用可能性】

【0119】

本発明は回路パターンの自動欠陥検査に好適に利用することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図 1】本発明のパターン検査装置の構成を示す図である。

【図 2】マスタパターン作製部のフローを示す図である。

【図 3】基準パターンに距離データを付与する処理を説明する図である。

【図 4】距離変換処理のフローを示す図である。

【図 5】基準骨格パターンを作製する処理を説明する図である。

【図 6】骨格化処理のうちが祖削除処理のフローを説明する図である。

【図 7】細線化処理に用いる細線化要素を示す図である。

30

【図 8】細線化処理のフローを示す図である。

【図 9】細線化処理のフローのうち、処理 C のフローを示す図である。

【図 10】剪定処理のフローを示す図である。

【図 11】逆距離変換処理を説明する図である。

【図 12】逆距離変換処理のフローを示す図である。

【図 13】検査方法のフローを示す図である。

【図 14】収縮マスタパターンによって欠け欠陥を検出する処理を説明する図である。

【図 15】膨張マスタパターンによって突起欠陥を検出する処理を説明する図である。

【図 16】マルチマスタパターンの構成を説明する図である。

【図 17】マルチマスタパターンを用いて欠けと突起を検出する処理を説明する図である

40

。

【図 18】マルチマスタパターンを作製する際の逆距離変換処理のフローを示す図である

。

【図 19】検査用のテストパターンを例示する図である。

【図 20】テストパターン用の基準画像を例示する図である。

【図 21】容認できない突起を検出した例を示す図である。

【図 22】容認できる突起を検出した例を示す図である。

【図 23】線幅を 30 % 増加させたマスタパターンを例示する図である。

【図 24】線幅を 30 % 減少させたマスタパターンを例示する図である。

【図 25】線幅に応じた欠けと突起を付加した検査用のテストパターンを例示する図であ

50

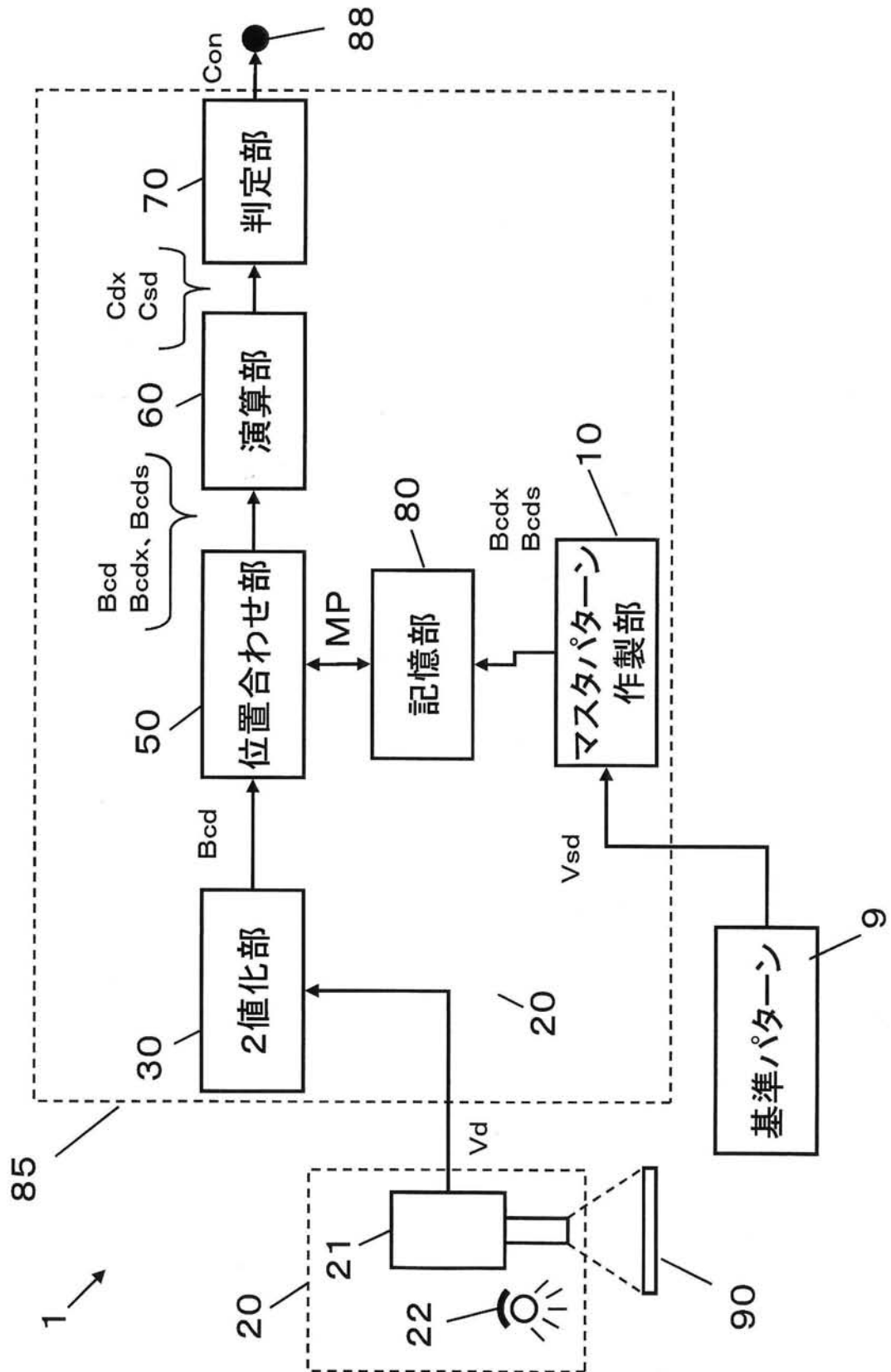
る。

【符号の説明】

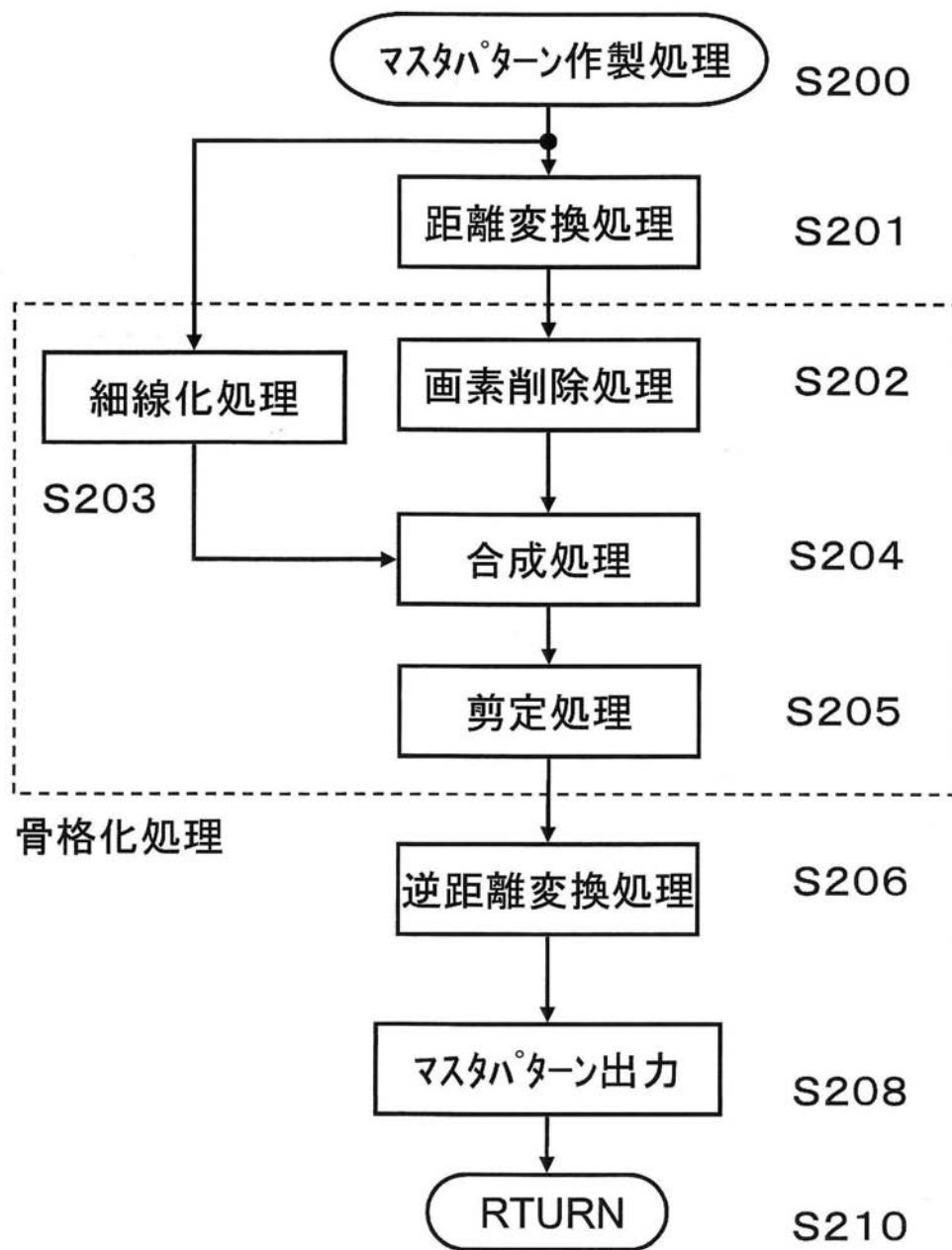
【 0 1 2 1 】

- 1 パターン検査装置
- 1 0 マスタパターン作製部
- 2 0 画像撮影部
- 3 0 2値化部
- 5 0 位置あわせ部
- 6 0 演算部
- 7 0 判定部
- 8 0 記憶部
- 8 5 制御装置

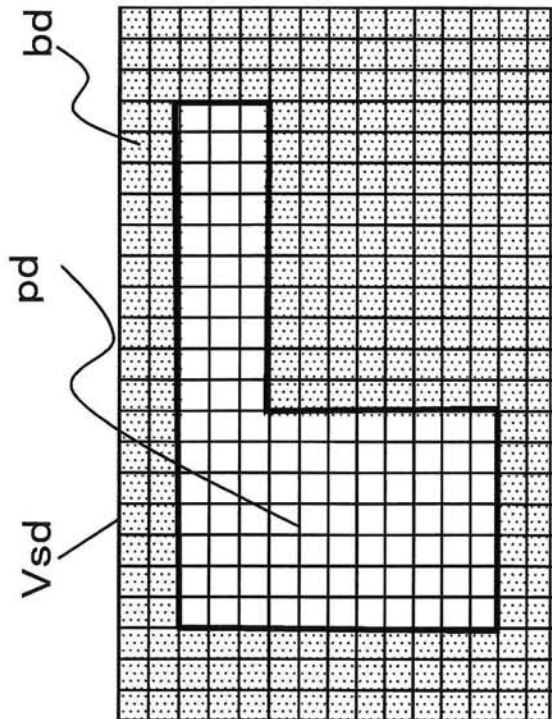
【図 1】



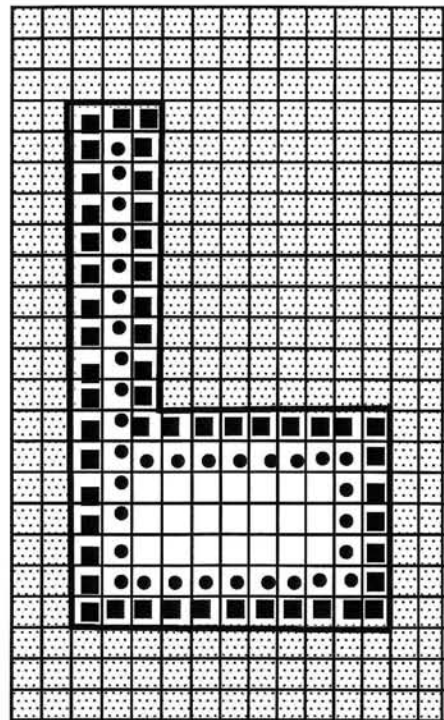
【図 2】



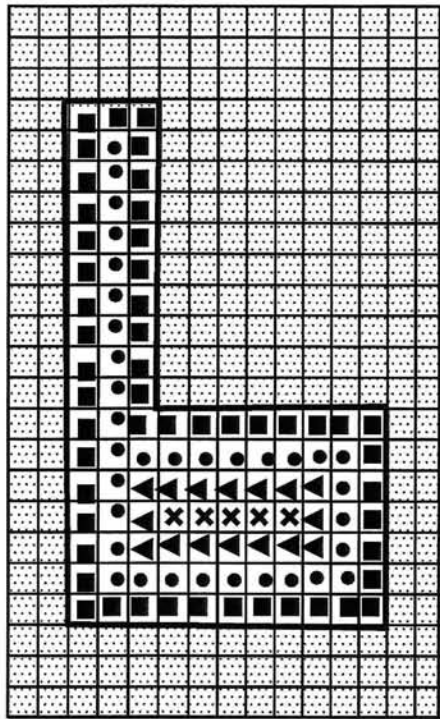
【図 3】



(a)

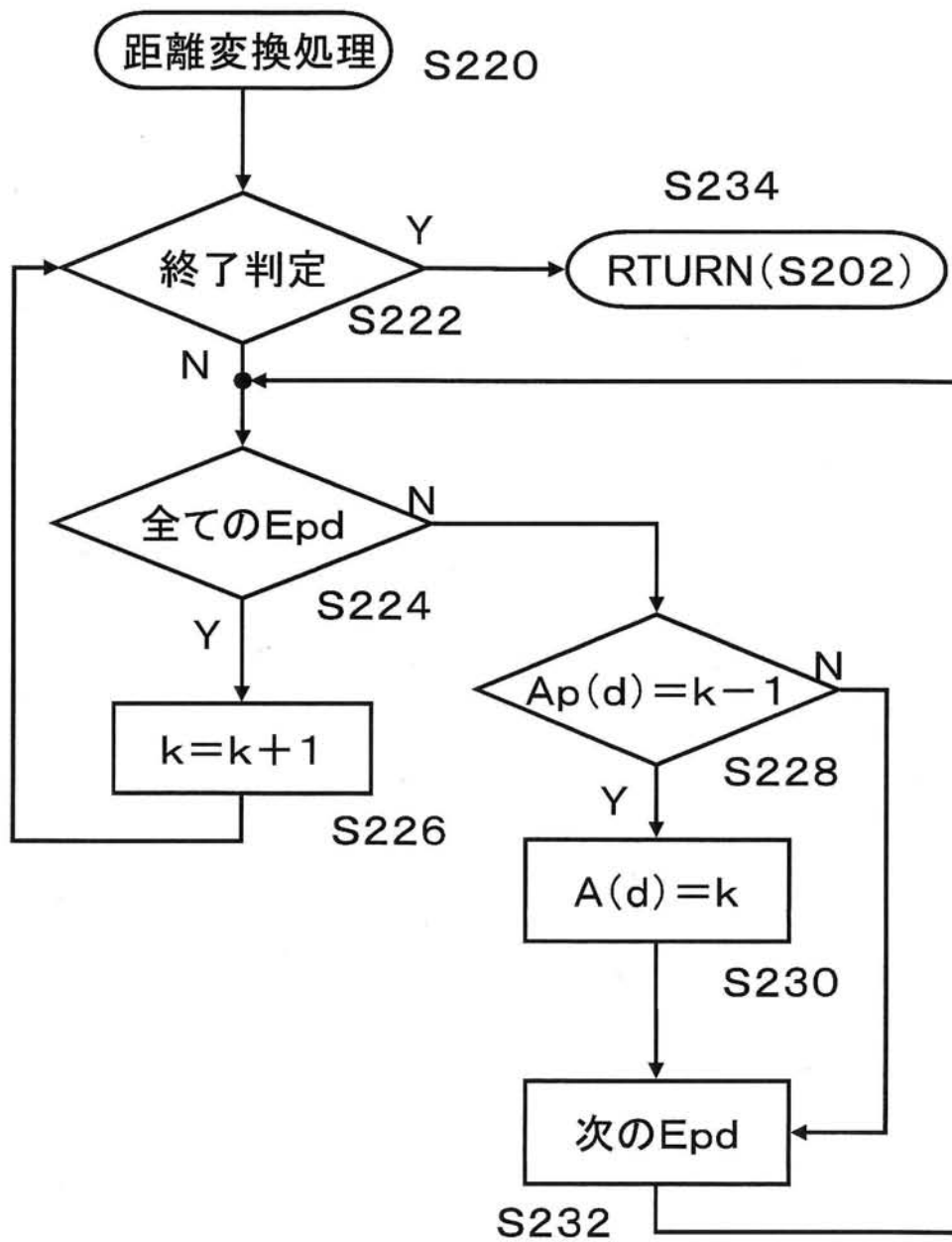


(b)



(c)

【図 4】

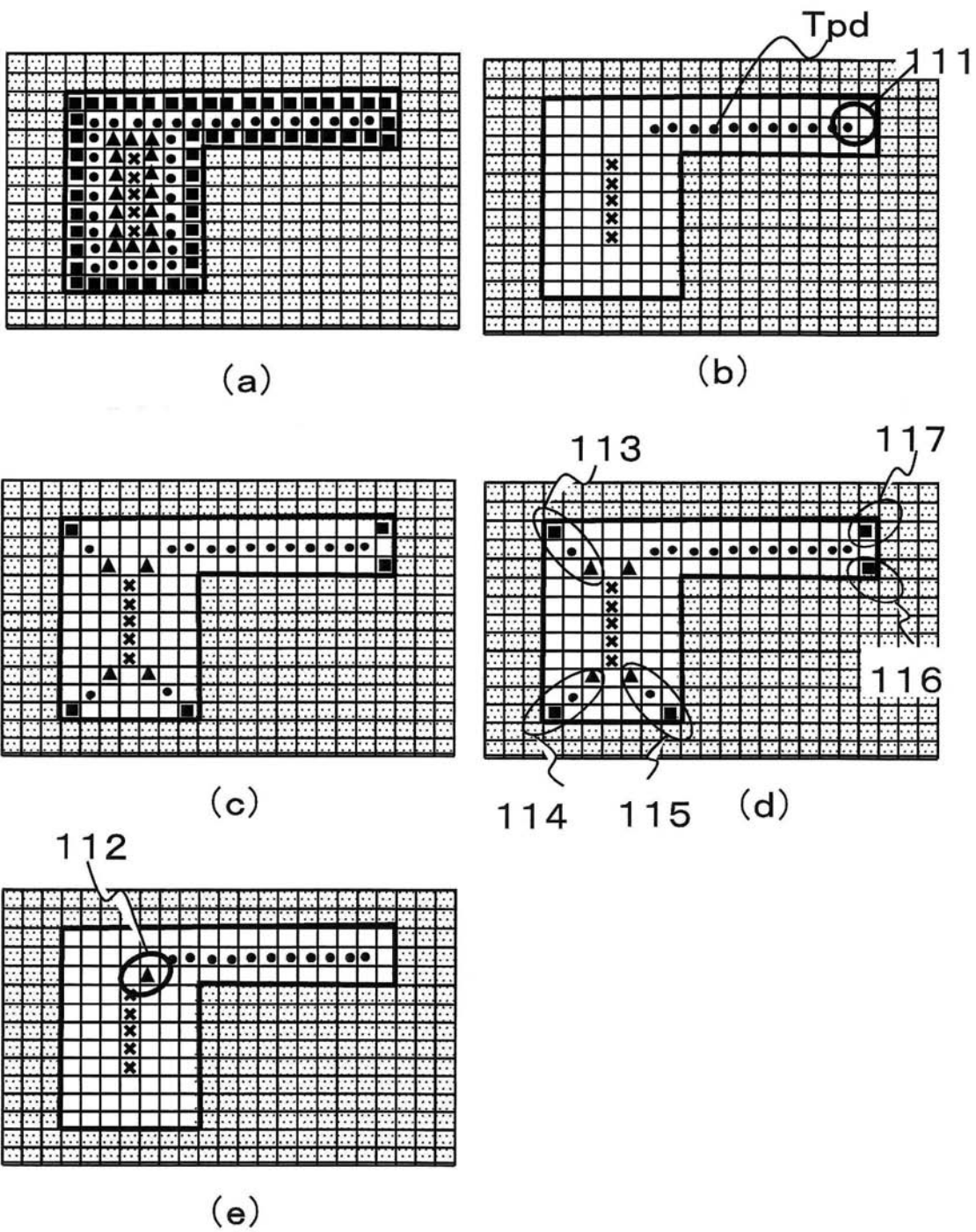


(a)

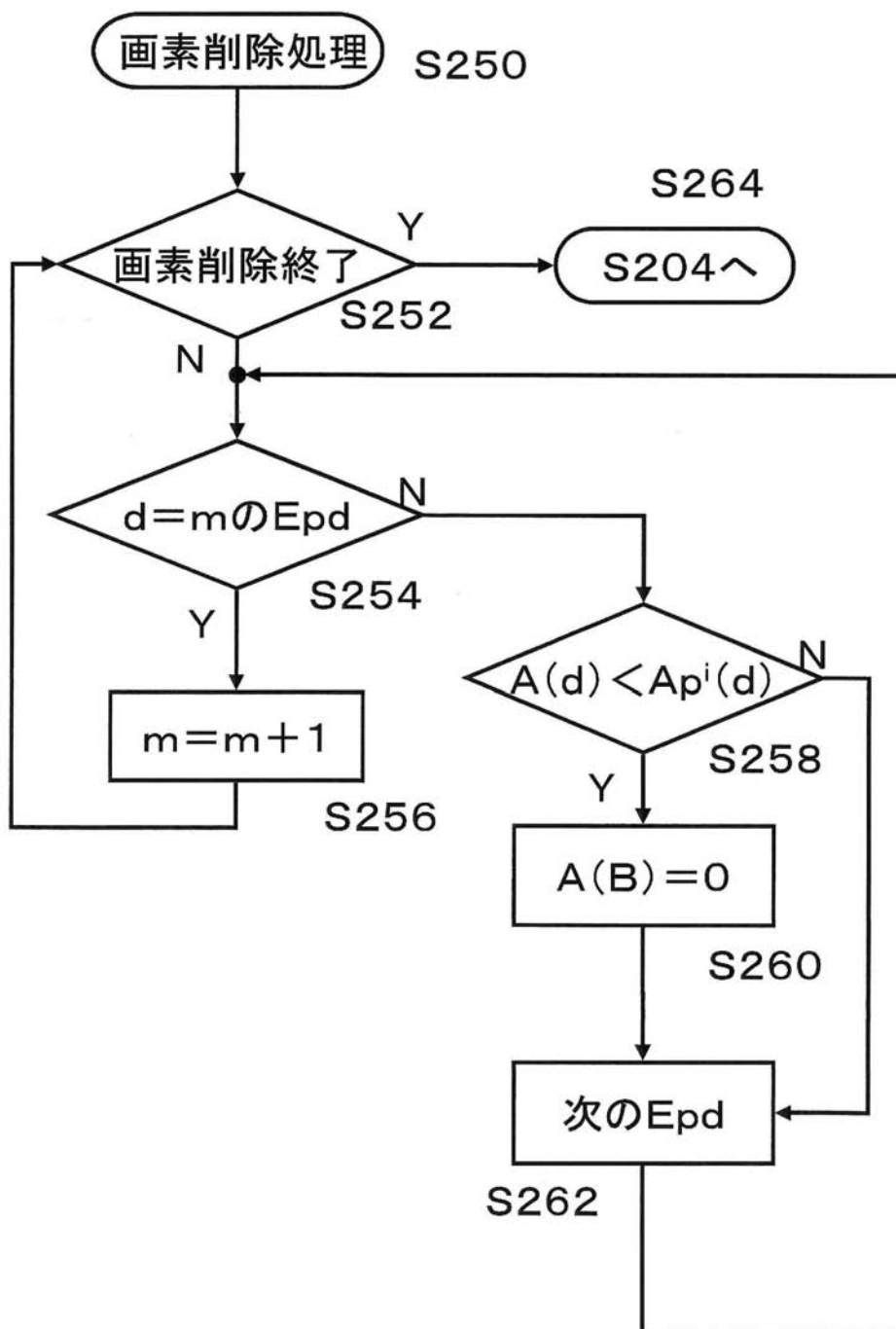
Ap1	Ap2	Ap3
Ap4	A	Ap5
Ap6	Ap7	Ap8

(b)

【 図 5 】



【図 6】



【 図 7 】

X	X	X
W	W	Z
X	W	Z

EL4

Z	Z	X
Z	A	W
X	W	X

EL8

W	X	Z
W	A	Z
W	X	Z

EL3

Z	X	W
Z	A	W
Z	X	W

EL7

X	Z	Z
W	A	Z
X	W	X

EL2

X	W	X
Z	A	W
Z	Z	X

EL6

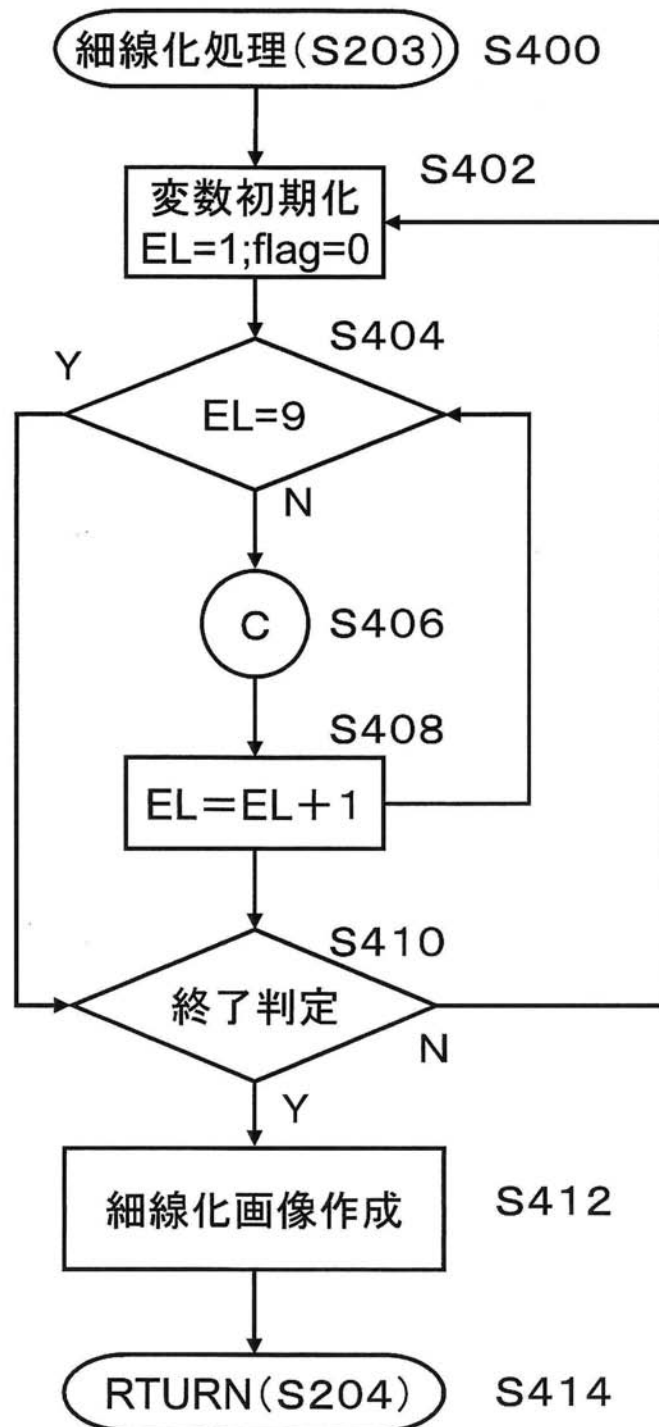
Z	Z	Z
X	A	X
W	W	W

EL1

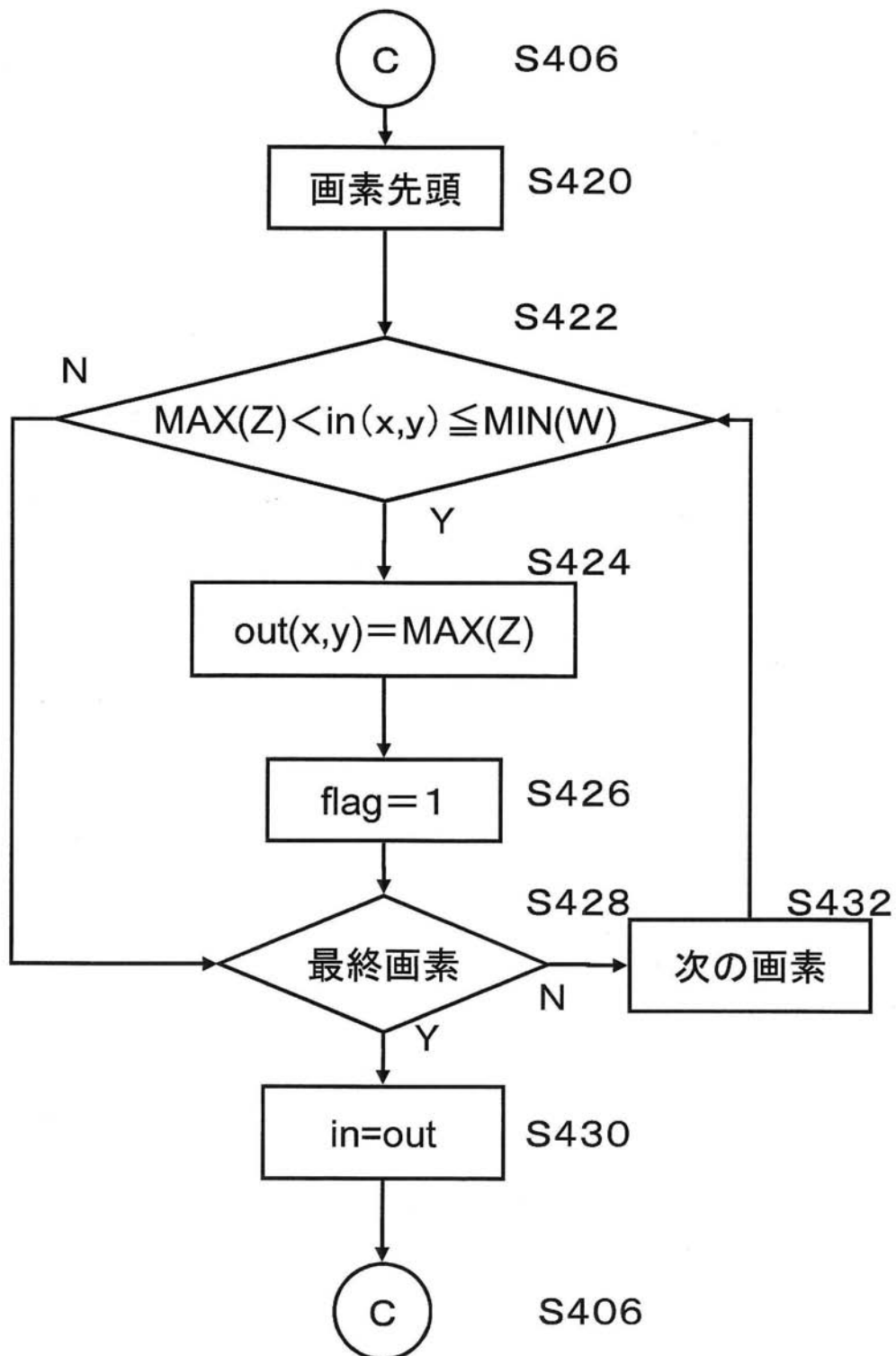
W	W	W
X	A	X
Z	Z	Z

EL5

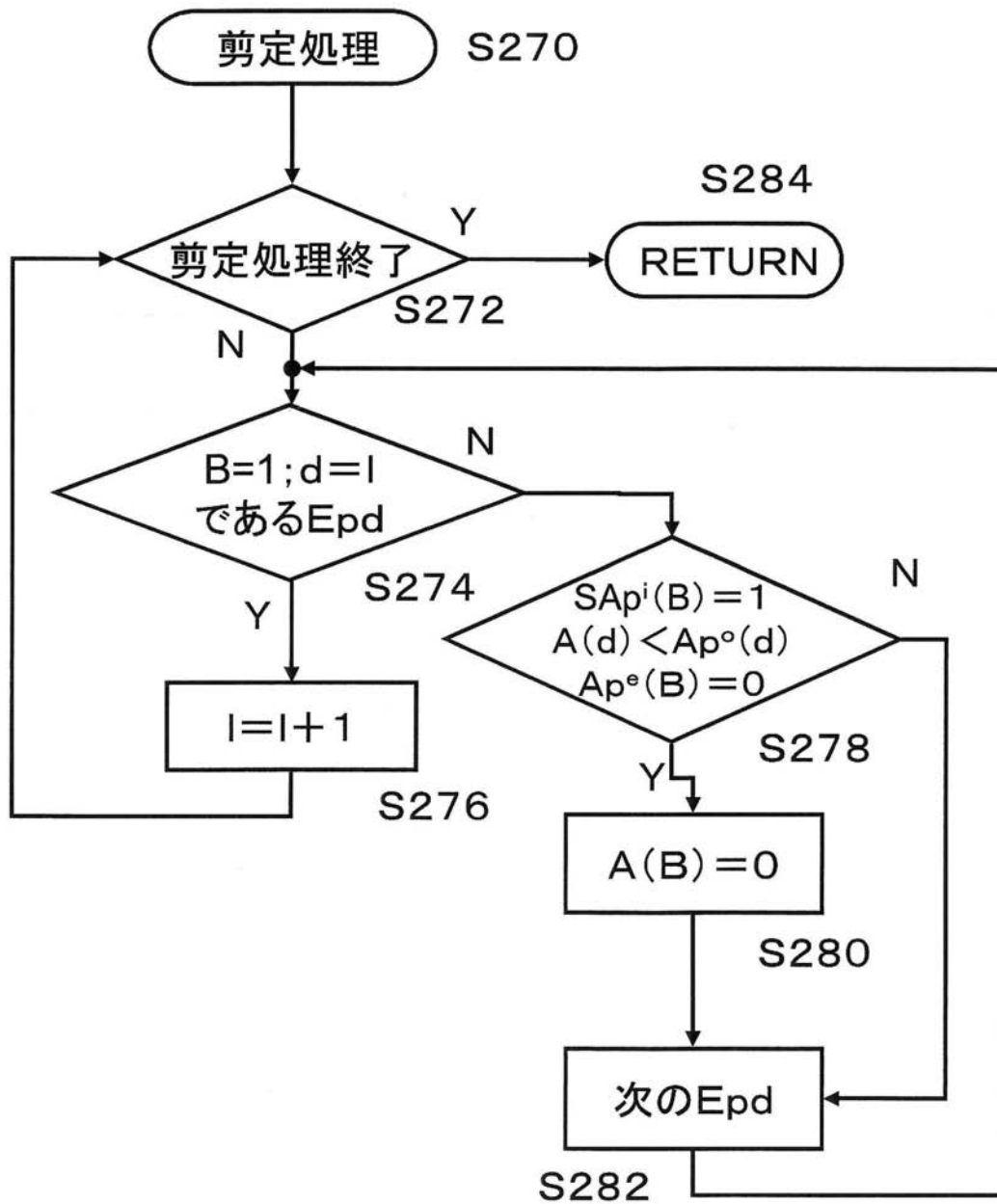
【 図 8 】



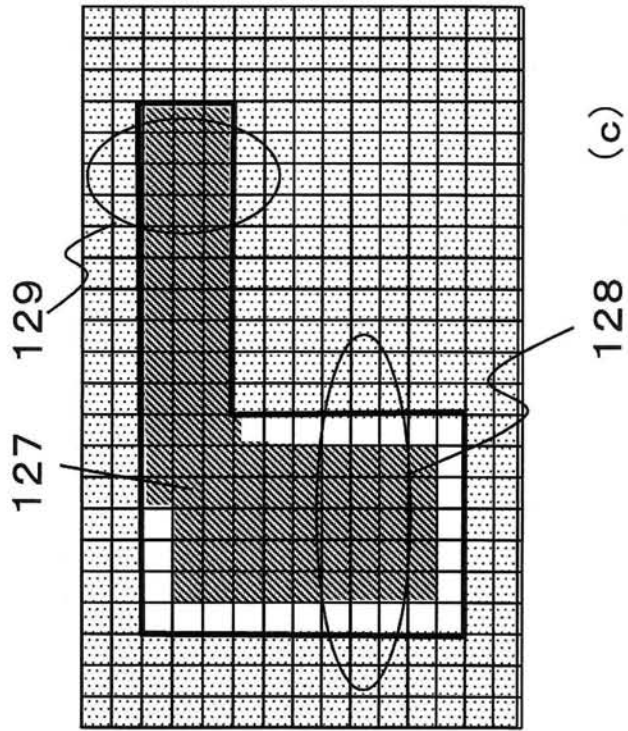
【図 9】



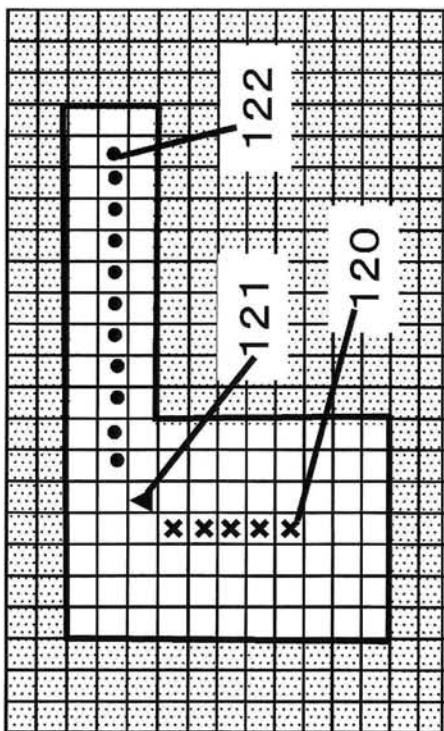
【図 10】



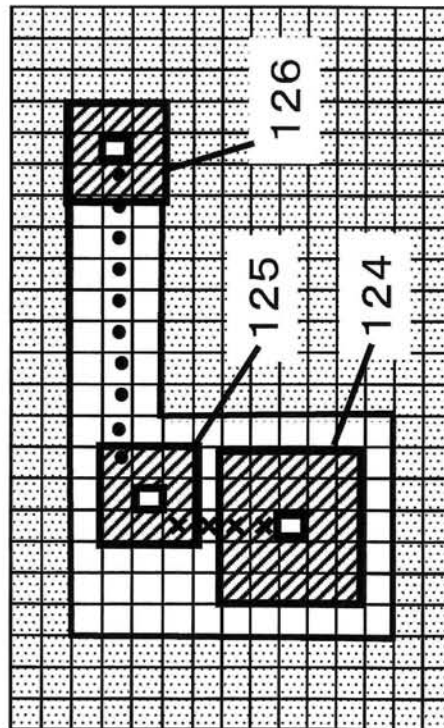
【図 11】



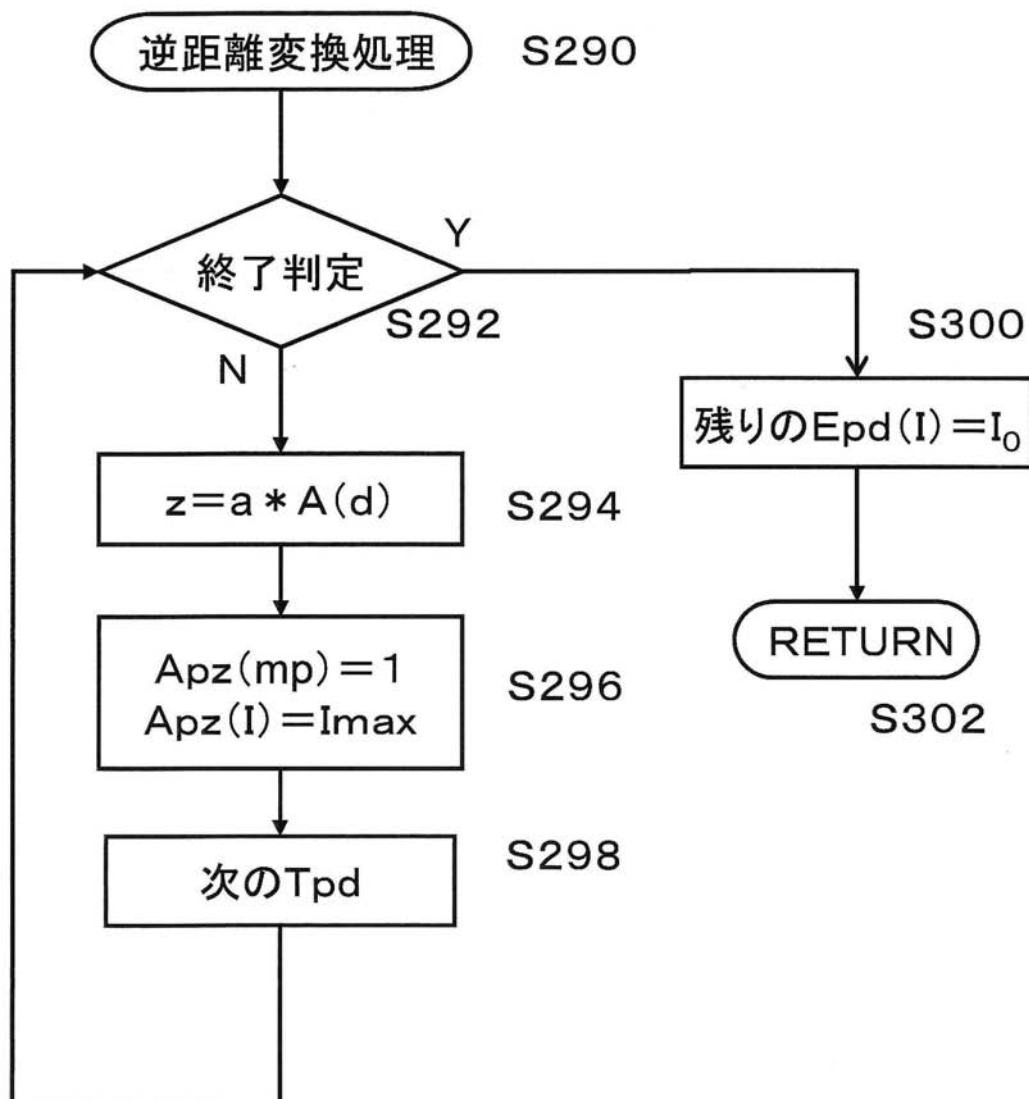
(b)



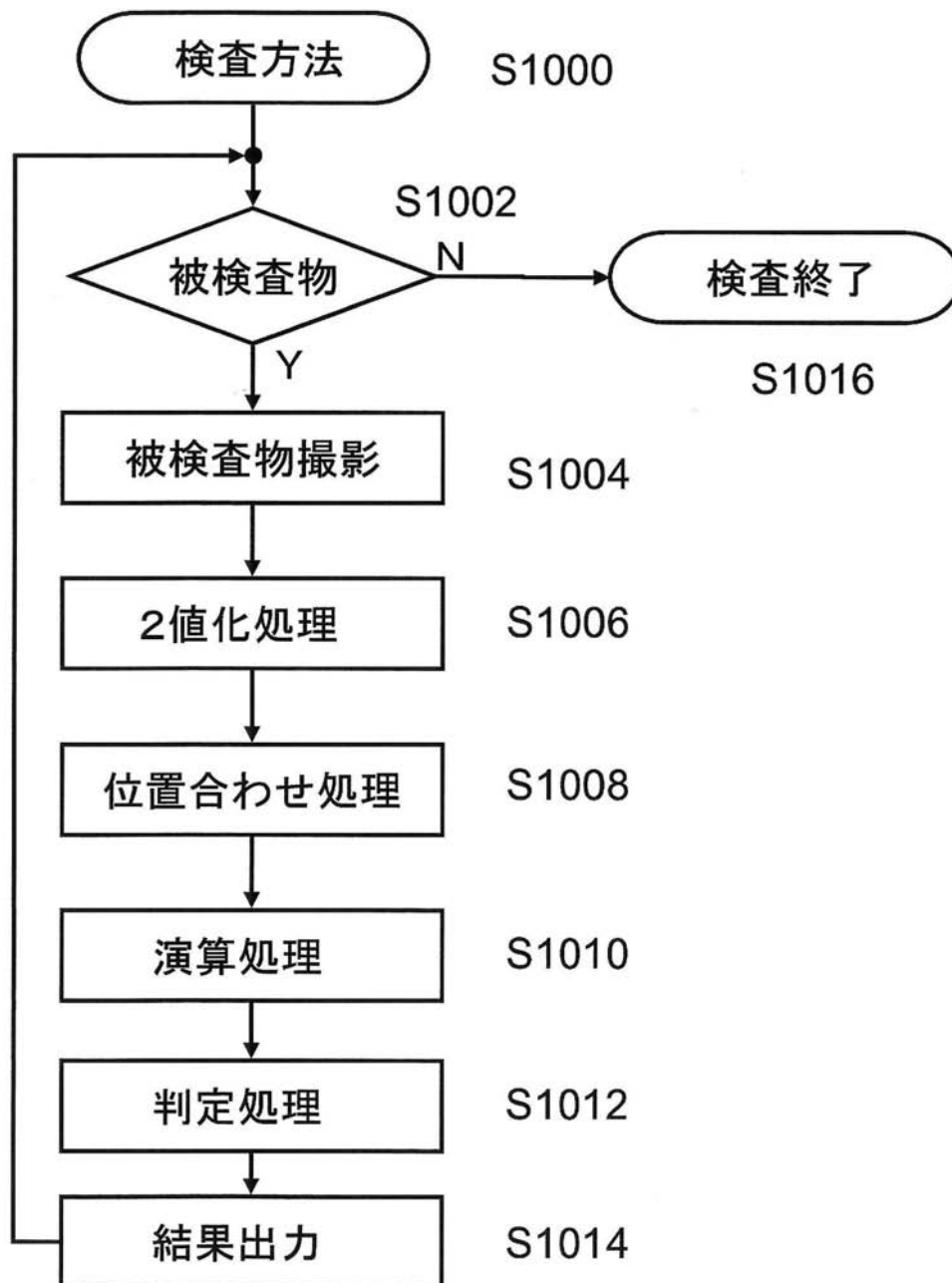
(a)



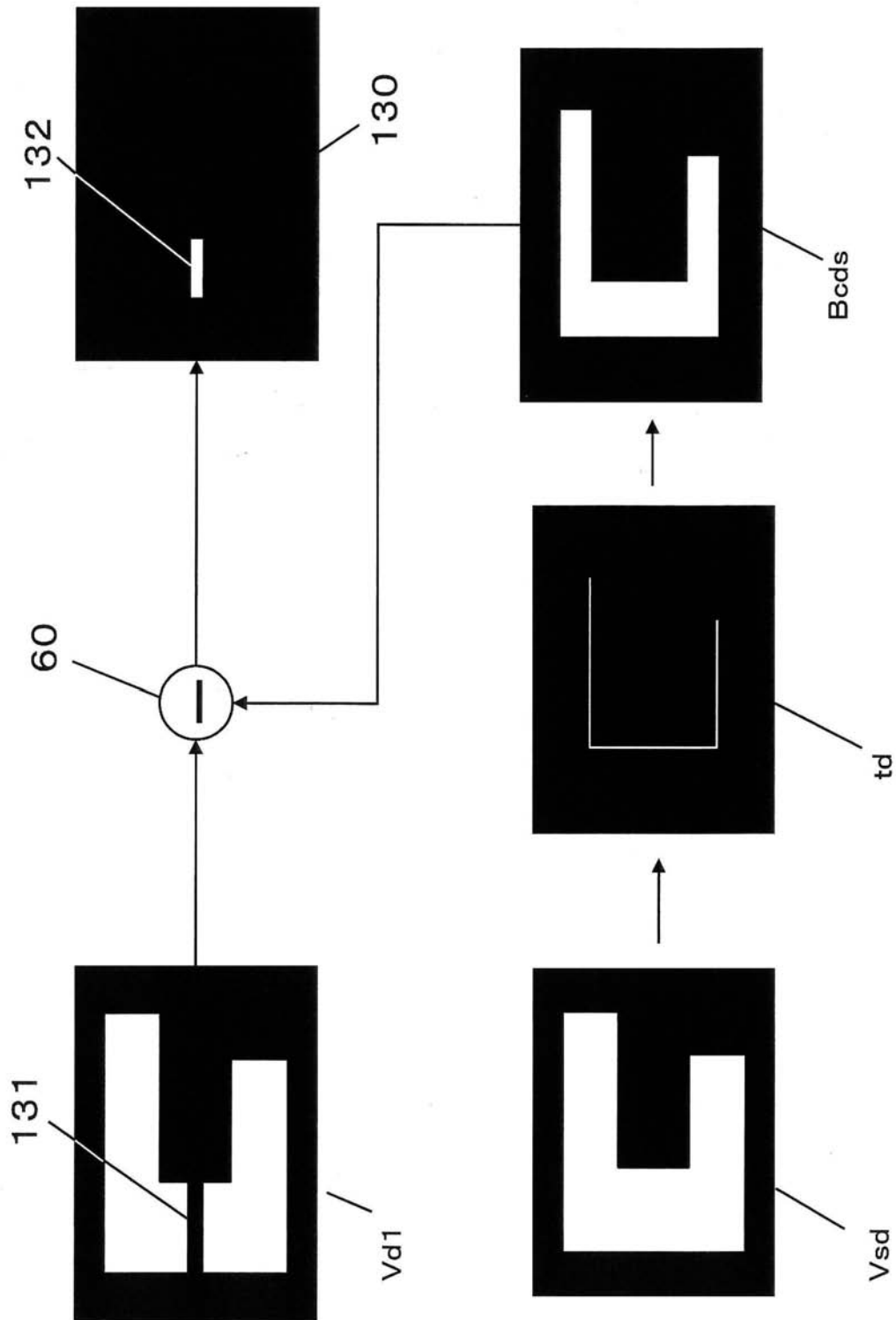
【図 12】



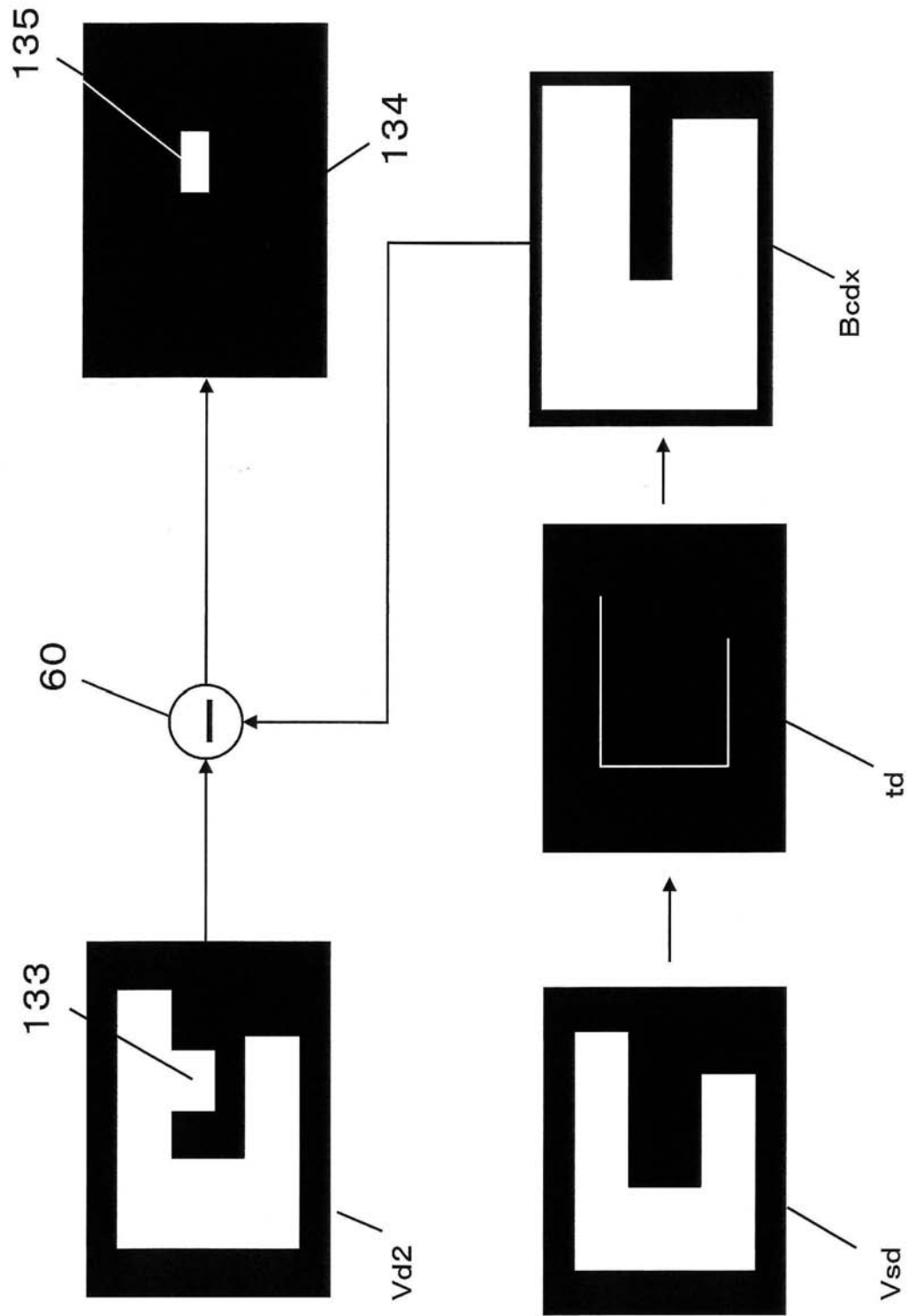
【図 13】



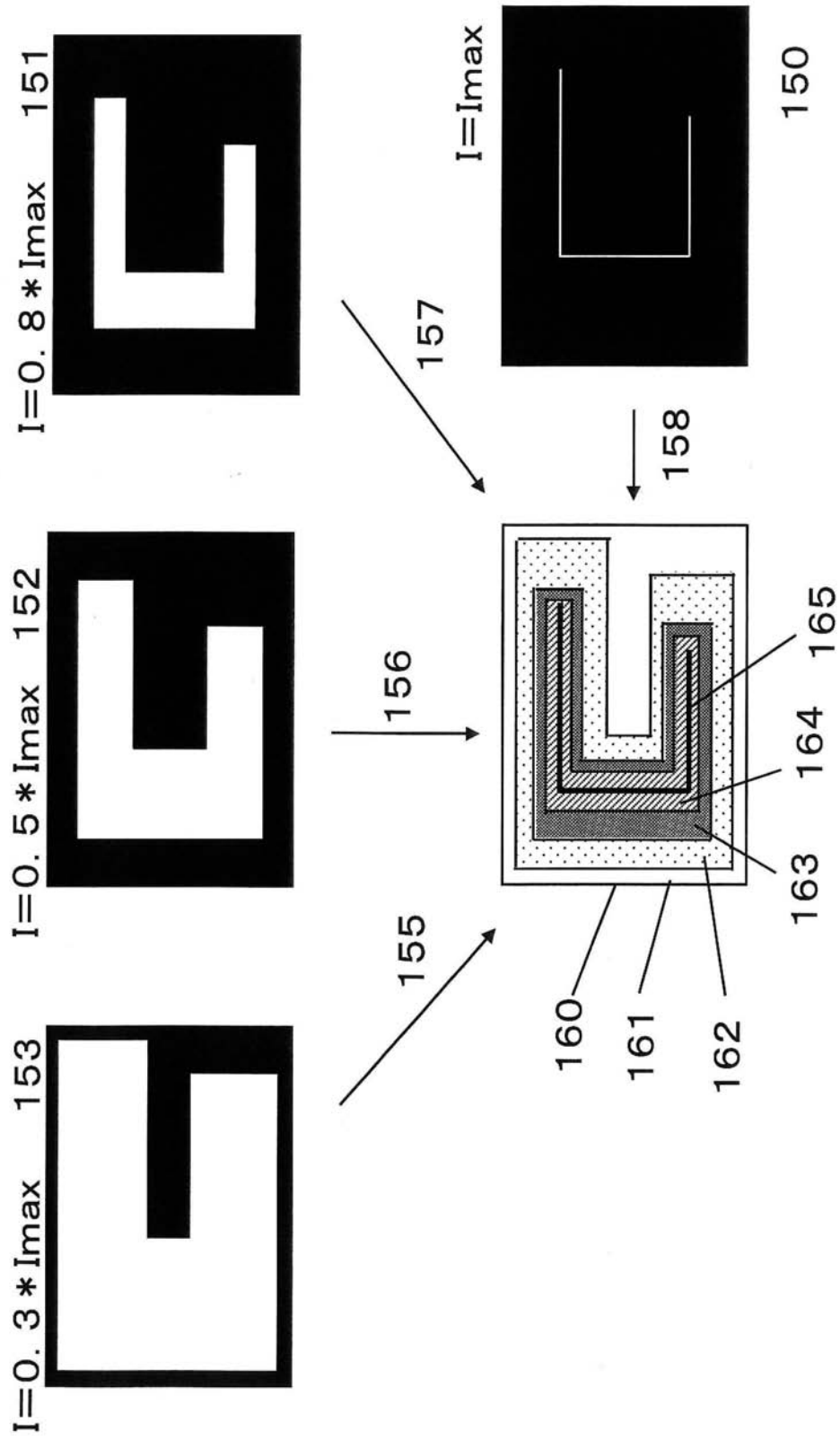
【図 14】



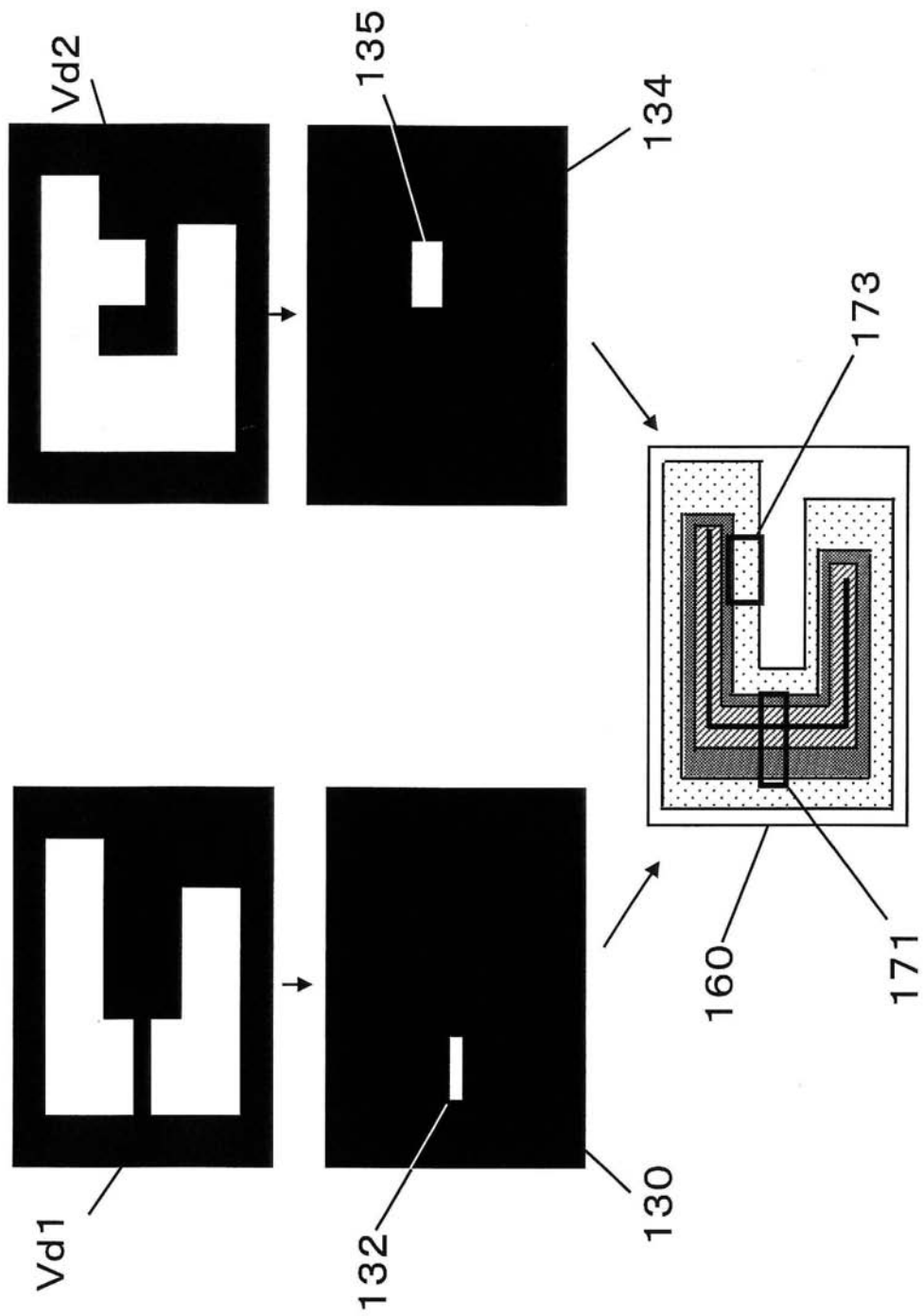
【図 15】



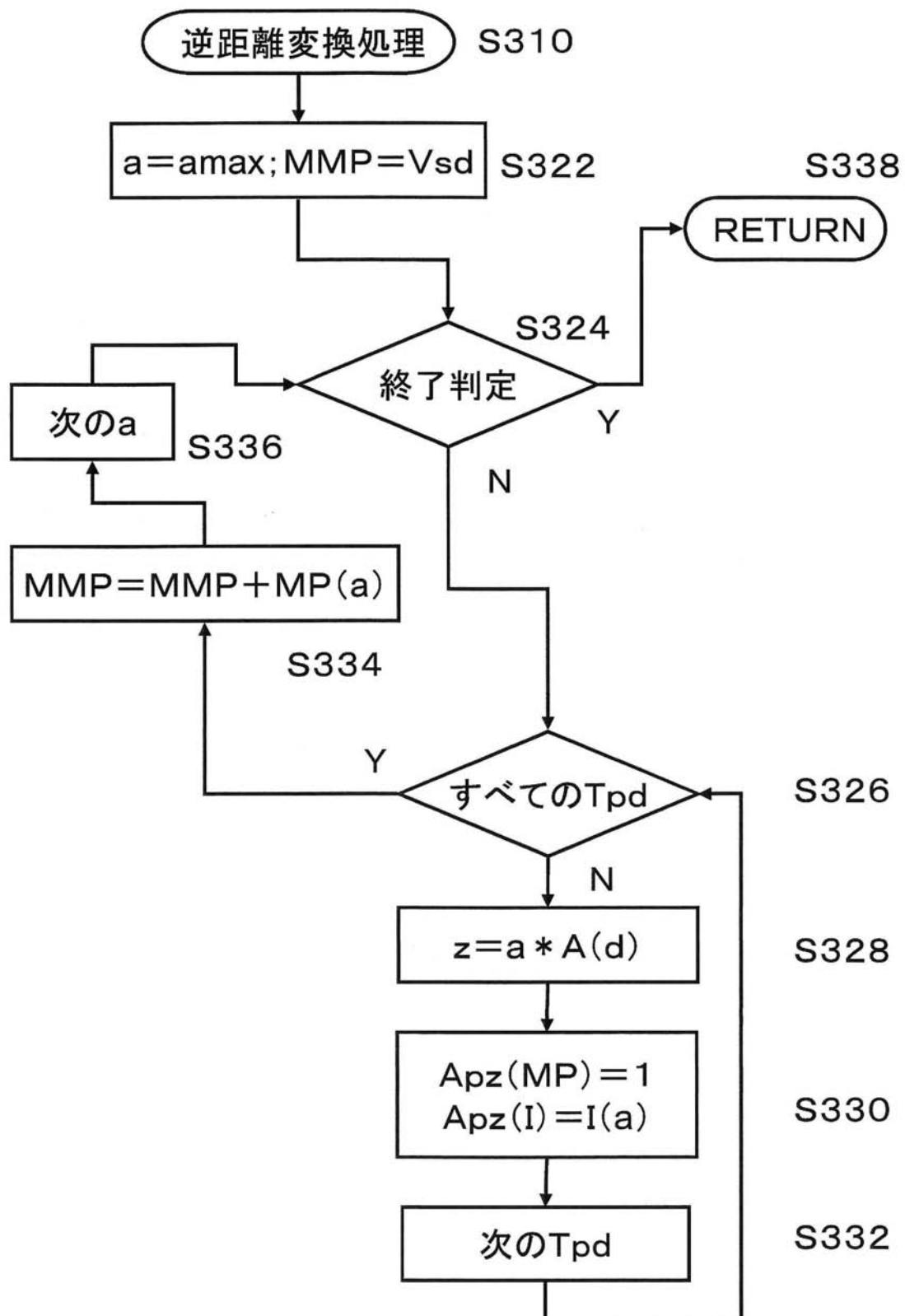
【図 16】



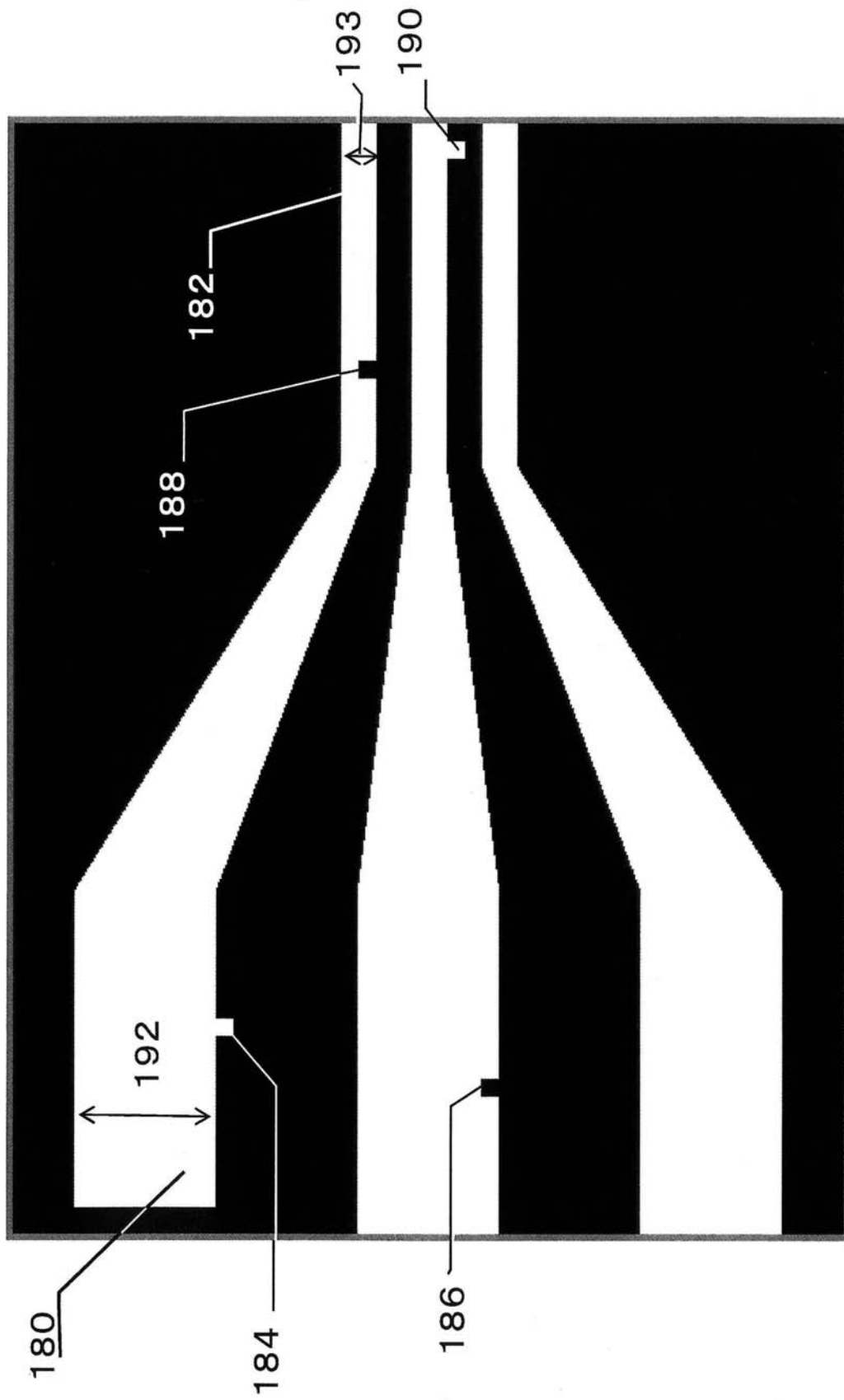
【図 17】



【図 18】



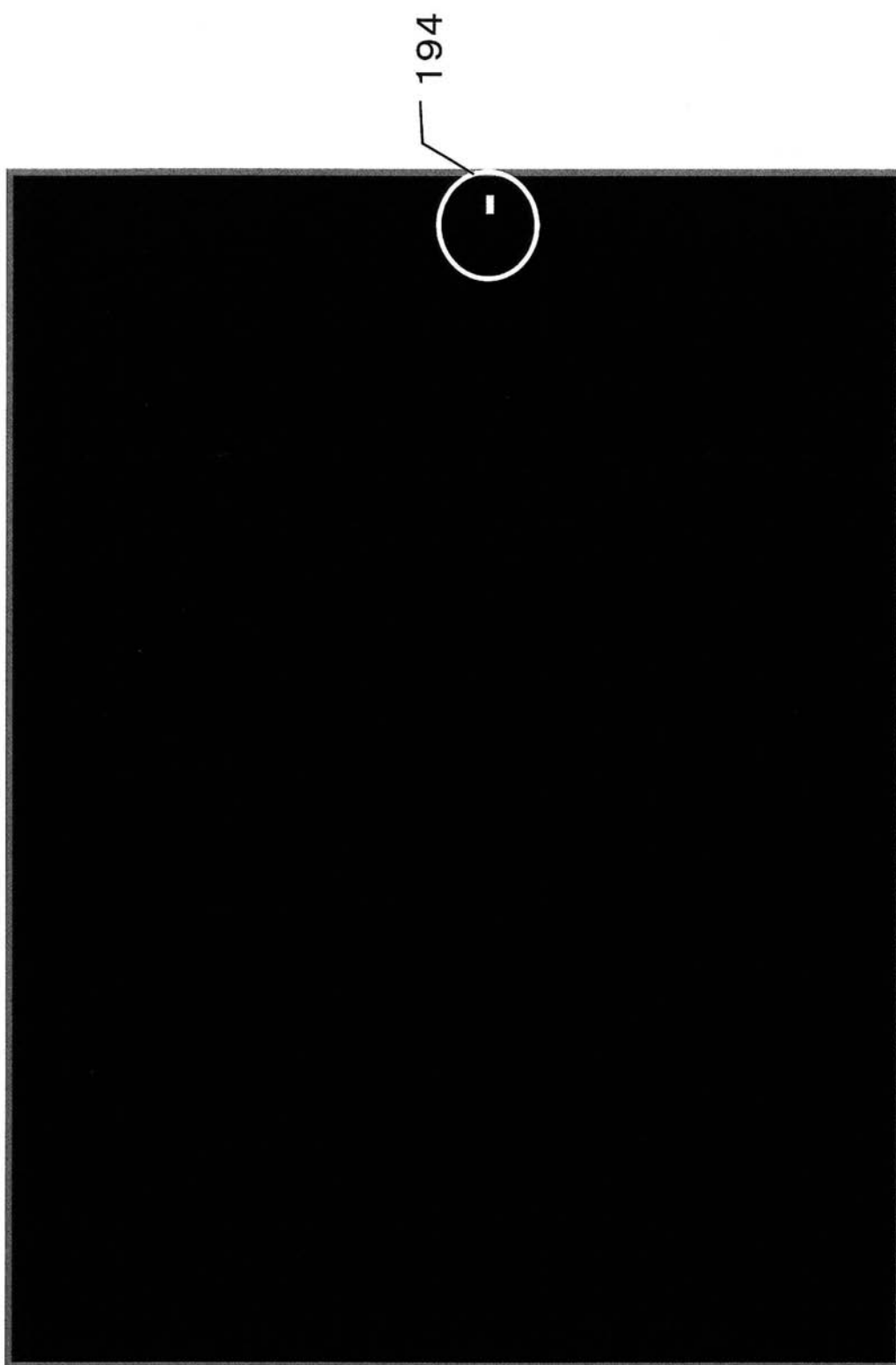
【図 19】



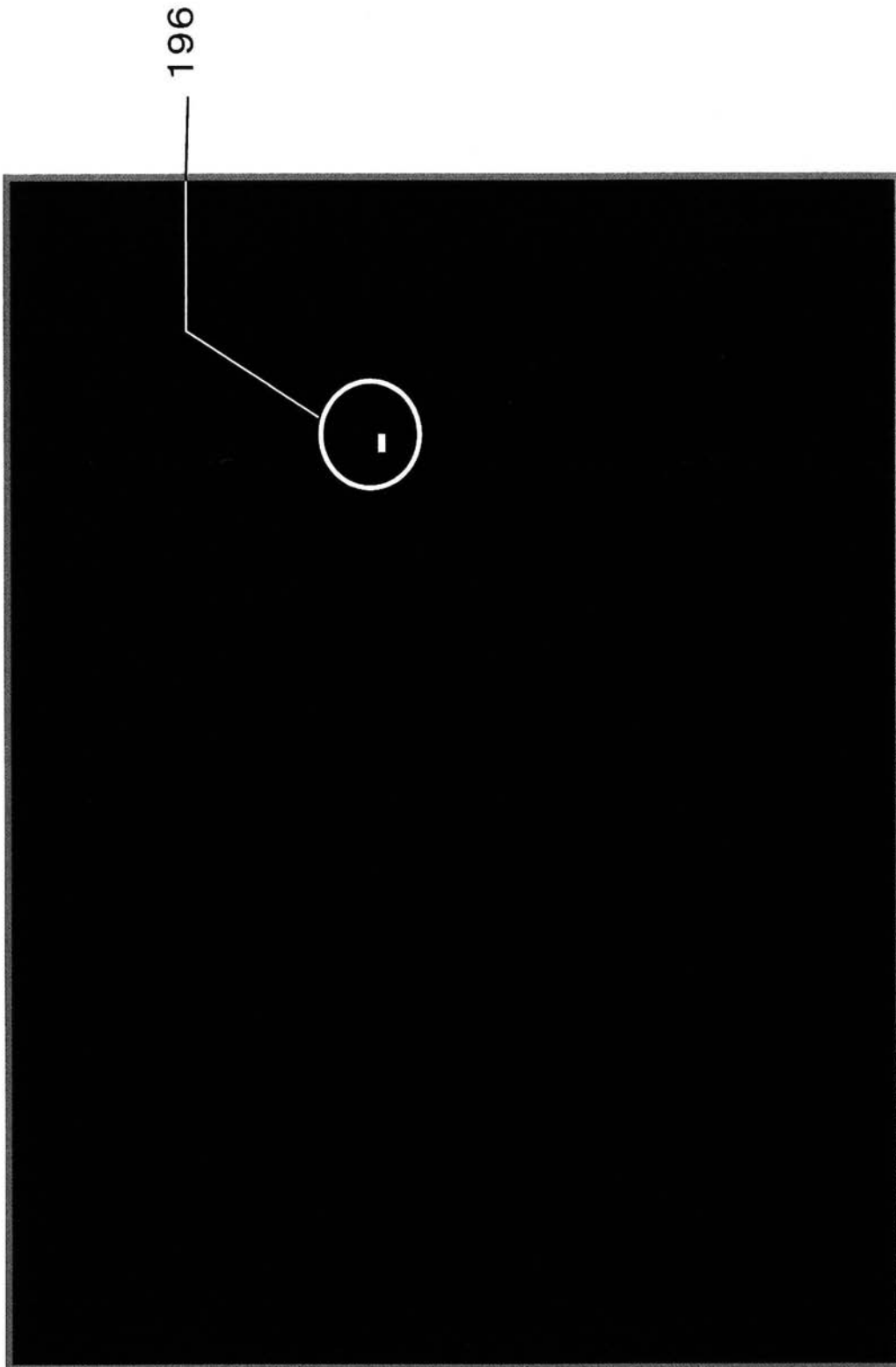
【図 20】



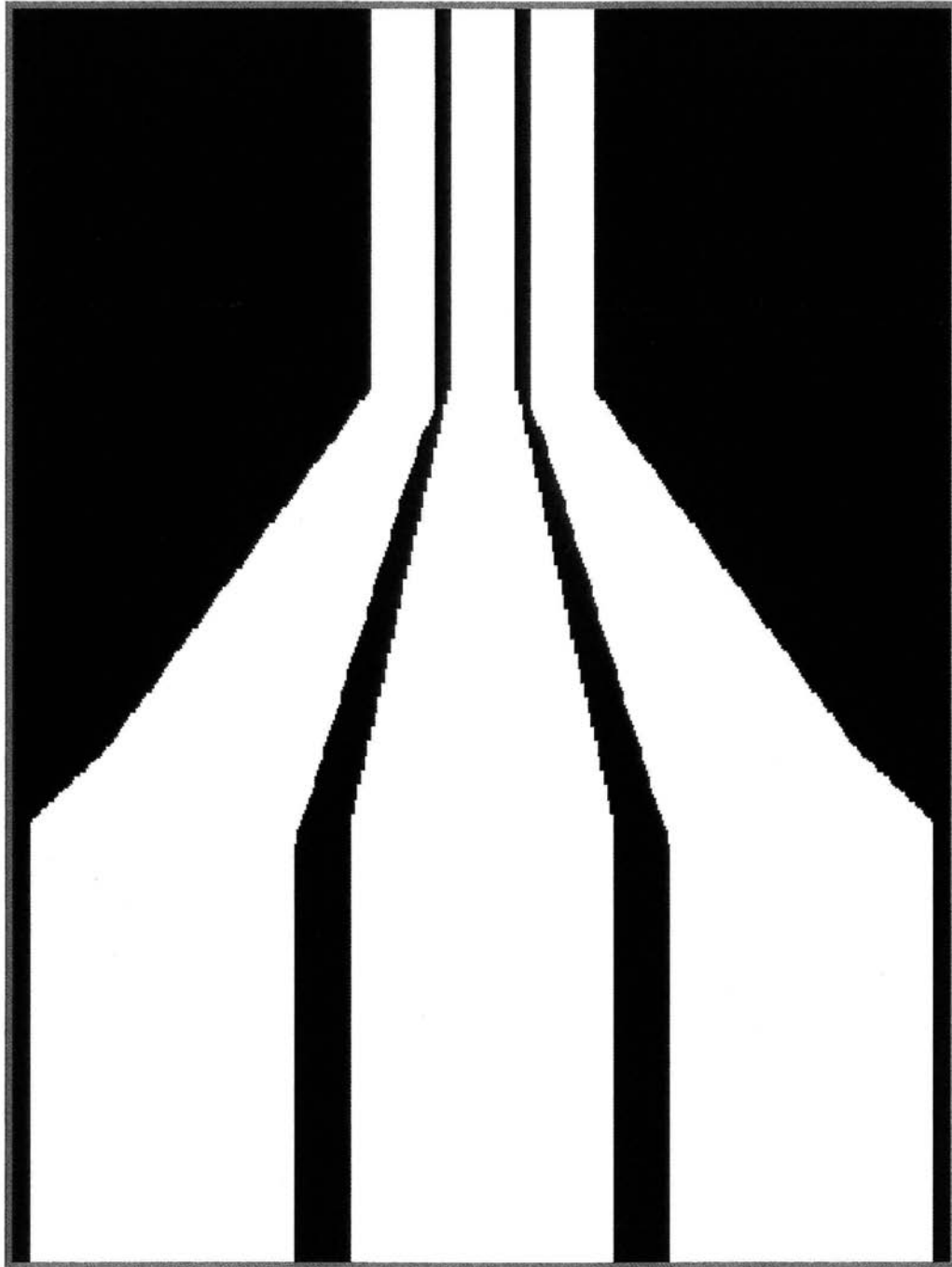
【図 2 1】



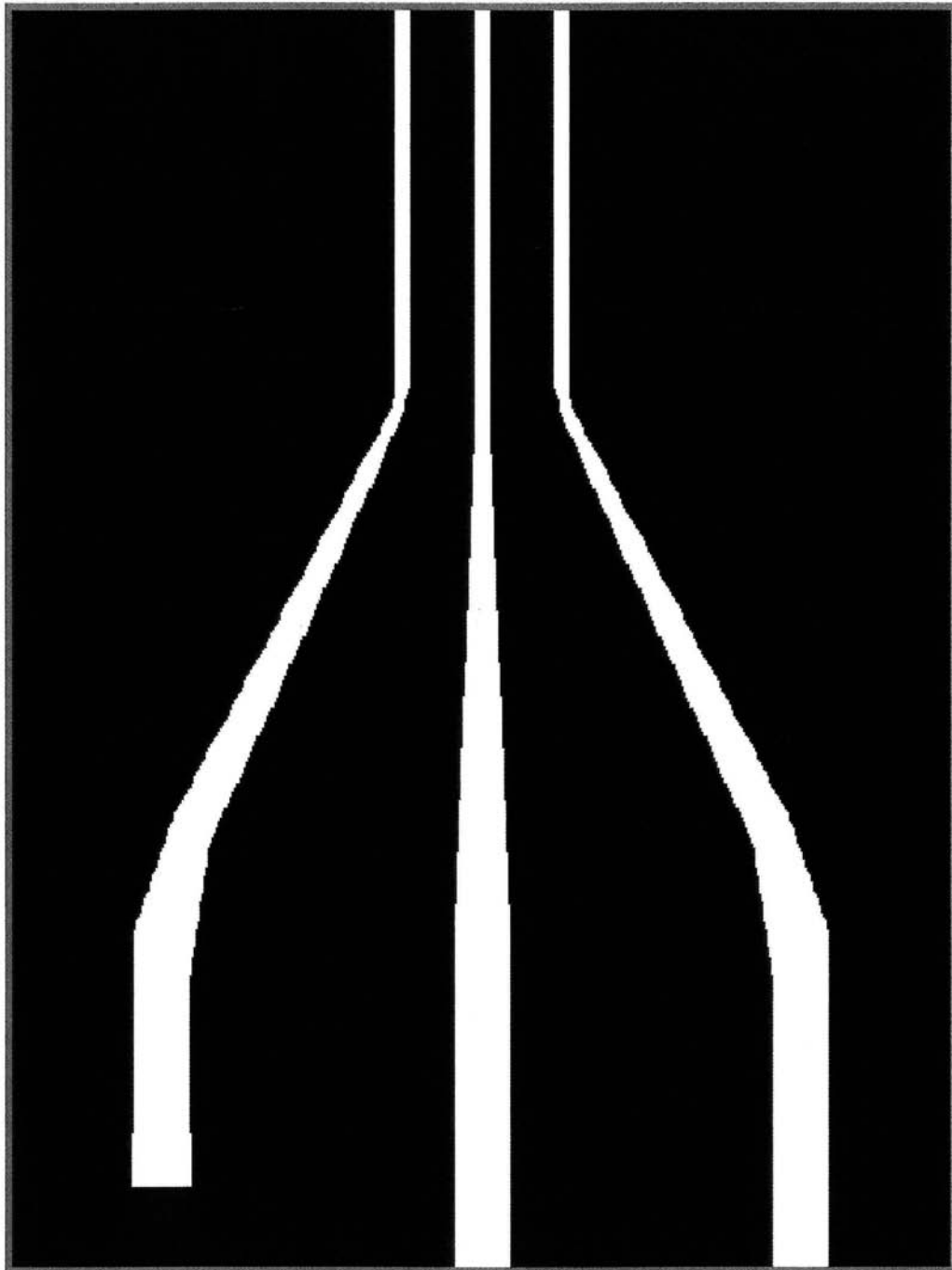
【図 22】



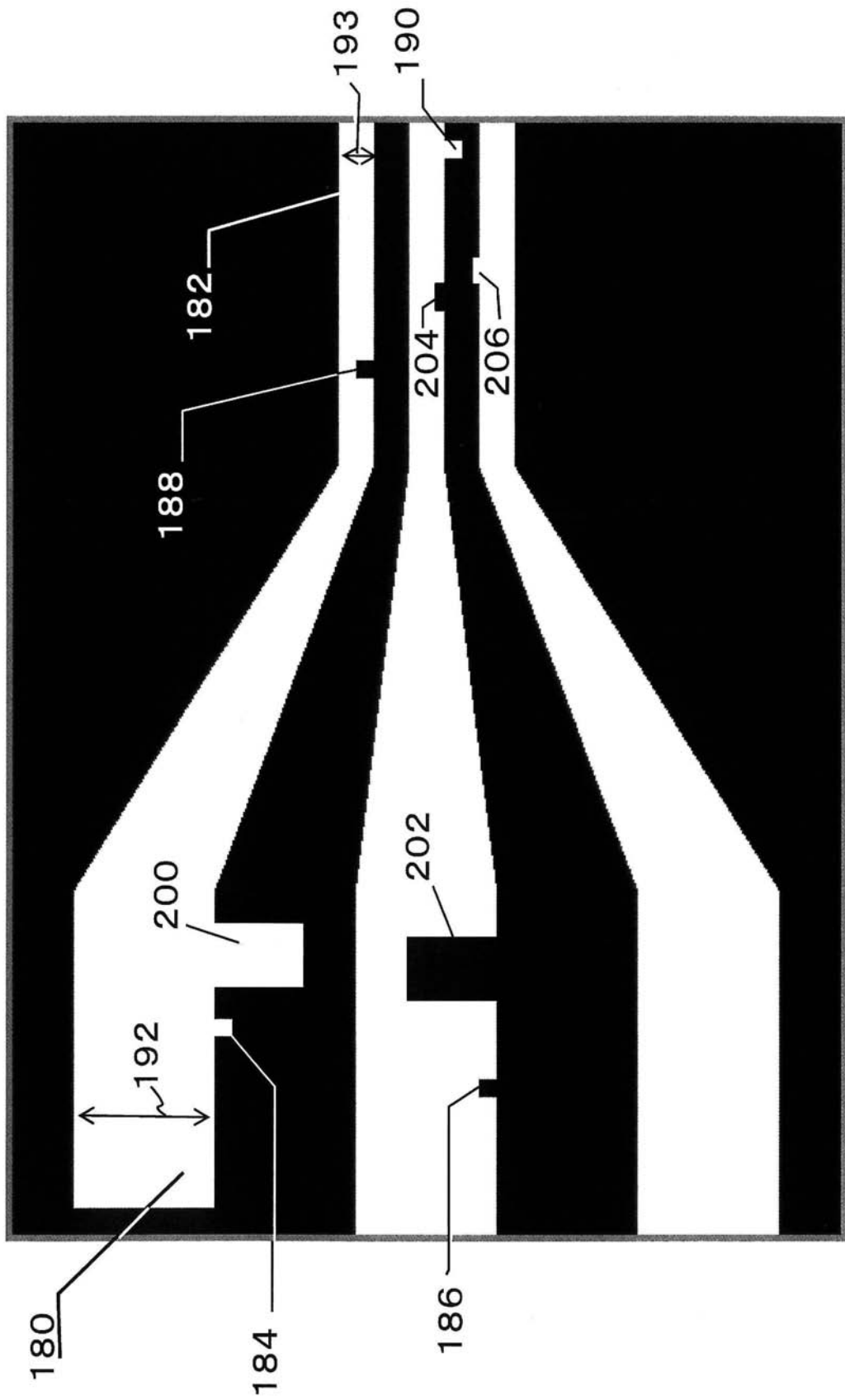
【図 23】



【 図 2 4 】



【図 25】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA56 BB02 CC01 CC17 DD06 FF01 FF04 GG03 GG07 GG17
HH14 JJ02 JJ03 JJ25 JJ26 LL01 LL59 QQ04 QQ06 QQ08
QQ25 QQ29 QQ31 RR05
2G051 AA65 AB07 AC21 BA05 BA06 CA04 CB01 CB02 CB05 EA08
EA11 EA12 EA14 EA16 EB01 ED03 ED05
4M106 AA01 CA39 DB04 DJ18 DJ20
5B057 AA03 CA07 CA12 CA16 CE12 CF01 DA03 DA06 DB02 DC33